



# Descontaminación microbiana de la maca (*Lepidium meyenii*) aplicando el sistema de esterilización orgánica (OSS) para preservar sus propiedades nutricionales y sensoriales

Microbial decontamination of maca (*Lepidium meyenii*) applying organic sterilization system (OSS) to preserve its nutritional and sensory properties

**Américo Guevara Pérez<sup>1,\*</sup>; Diana Nolazco Cama<sup>1</sup>; Keidy Cancino Chávez<sup>2</sup>; Carlos Oliva Cruz<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Tecnología de alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Ap. 12-056, Lima – Perú.

<sup>2</sup> Departamento de coordinación de las carreras de Ingeniería en Industrias alimentarias e Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios, Universidad San Ignacio de Loyola, Av. La Fontana 550, La Molina, Lima – Perú.

<sup>3</sup> Consultora de proyectos, Phi Consultores S.A.C. Av. Ricardo Palma N° 776 – Urb. San Joaquín – Bellavista – Callao, Lima, Perú.

Received September 25, 2015. Accepted March 29, 2016.

### Resumen

La investigación tuvo como objetivo aplicar el sistema de esterilización orgánica (OSS) en maca, determinando los parámetros del proceso: tiempo y temperatura de inyección de vapor saturado que reduzcan el recuento de microorganismos aerobios, mohos, levaduras, *E. Coli*, *salmonella* y coliformes totales, y evaluando la influencia del proceso en el contenido total de glucosinolatos. La máxima descontaminación microbiana de la maca se logró aplicando una carga de 5 kg/saquillo, por 6 min. Con una temperatura de inyección de vapor saturado de 100 °C. Bajo estas condiciones, la reducción de la carga microbiana fue de 99,9% (< 10 UFC/g), 50% (< 10 UFC/g) y 93,3% (< 10 UFC/g) para aerobios, mohos, y levaduras, respectivamente; el comportamiento de patógenos fue muy similar al de la materia prima: *E. coli* < 3 UFC/g, ausencia de salmonella (25 g) y < 3 UFC/g para coliformes totales. El contenido de glucosinolatos se mantuvo durante el proceso en 1,5 µmol/g, lo que evidenció que al aplicar la tecnología OSS se logra conservar la calidad nutricional, sensorial y funcional de la maca.

**Palabras clave:** maca, esterilización orgánica, descontaminación microbiana.

### Abstract

The research aimed to apply the system of organic sterilization (OSS) in maca, determining the process parameters: time and temperature steam injection saturated reduce the count of aerobic microorganisms, molds, yeasts, *E. coli*, *Salmonella* and coliform total, and evaluating the influence of process in total glucosinolate content. The maximum microbial decontamination of maca was achieved by applying a load of 5 kg/pouch for 6 min. With a temperature of 100 °C saturated steam injection. Under these conditions, the reduction of the microbial load was 99,9 % (< 10 UFC/g), 50% (< 10 UFC/g) and 93,3% (< 10 UFC/g) for aerobic, molds, and yeasts, respectively; pathogen behavior was very similar to that of the raw material: *E. coli* < 3 UFC/g, absence of salmonella (25 g) and < 3 UFC/g for total coliforms. Glucosinolate content was maintained during the process in 1,5 µmol/g, which showed that by applying the OSS technology is achieved by preserving the functional, sensory and nutritional quality of maca.

**Keywords:** maca, organic sterilization, microbial decontamination.

### 1. Introducción

La maca (*Lepidium meyenii*) pertenece a la familia Brassicaceae, presenta una raíz tuberosa y comestible. Crece en hábitats entre los 3500 y 4500 m, y tiene su origen en la sierra central donde se cultiva desde

hace más de 2000 años (González *et al.*, 2009; INDECOPI, 2002). Se han identificado hasta trece variedades que van del blanco al negro, con distintas propiedades biológicas las que parecen depender de las diferencias del suelo de

\* Corresponding author

E-mail: [aguevara@lamolina.edu.pe](mailto:aguevara@lamolina.edu.pe) (A. Guevara).

© 2016 All rights reserved.

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2016.01.06](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.06)

cultivo, antes que de los morfotipos (Tello *et al.*, 1992; Gonzales *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2012). La especie *Lepidium meyenii* Walp, se encuentra en diferentes países de América, y en especial en el Perú (Sifuentes-Penagos *et al.*, 2015), sus primeras descripciones aparecen en las crónicas de la conquista del Perú.

Uno de los subproductos de la maca, es la harina, la que presenta un alto valor nutritivo, su composición incluye 55-75% de carbohidratos, 11,9% de proteínas, 2,7% de lípidos, 8,3% de fibra, 4,8% de ceniza y un 15% de humedad (85% en estado fresco), además de la presencia de varios tipos de vitaminas (como provitamina A, B1, B2, B6, C, P, D3, niacina) y minerales como: calcio, hierro, zinc, magnesio, cobre, fósforo, potasio, sodio, manganeso, selenio y boro, en concentraciones importantes.

Estudios fitoquímicos efectuados en la raíz han revelado la presencia de alcaloides, esteroides, compuestos fenólicos, flavonoides, cumarinas, taninos y saponinas. El análisis del extracto metanólico de la raíz de maca contiene uridina, ácido málico y sus derivados benzóicos además de glucosinolatos (glucotropaelina y metoxiglucotropaelina) (Orellana *et al.*, 2005; Canales *et al.*, 2000; Marín-Bravo, 2003; Rondán-Sanabria y Finardi-Filho, 2009); estos últimos, según Johnson (2002), tienen importancia en la formación de isotiocianatos que inhiben el desarrollo de tumores al incrementar la actividad de las enzimas, además inhiben la mitosis y estimulan la muerte celular de las células tumorales.

Uno de los problemas en la comercialización de alimentos es la carga microbiana, relacionado a la inocuidad y salubridad. Al respecto, Carrión *et al.* (2009) indican que en maca han encontrado altos niveles de aerobios mesófilos y hongos como principal desventaja en la comercialización de estos productos a mercados donde las regulaciones son exigentes.

Por tal motivo se hace necesario investigar nuevas tecnologías que conduzcan a

obtener alimentos descontaminados; al momento se cuenta con tecnologías existentes: aplicación de irradiación, óxido de etileno, ozono y UV, pero estas han sido objetadas por algunos países, entre ellos Japón y Estados Unidos. Por lo indicado, en esta investigación se evaluó la aplicación del Sistema de Esterilización Orgánica “Organic Sterilization System (OSS)”, basada en someter al producto a cambios de presión y temperatura dentro de una cámara de vacío y representa una solución natural, eficiente, reconocida y permitida internacionalmente, para lograr la descontaminación microbiana preservando al máximo las propiedades nutricionales, sensoriales y terapéuticas del producto (Peruvian Nature, 2014), la que contribuirá con la exportación de alimentos orgánicos a diferentes partes del mundo.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas, se ejecutó la investigación “Descontaminación microbiana de la maca (*Lepidium meyenii*) aplicando el sistema de esterilización orgánica para preservar sus propiedades nutricionales y sensoriales”, teniendo como objetivo, determinar los parámetros del proceso OSS de descontaminación de la maca preservando sus propiedades nutricionales y sensoriales.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en instalaciones de la empresa Peruvian Nature S&S S.A.C, y en los laboratorios del Instituto de Certificación, Inspección y Ensayo “La Molina Calidad Total Laboratorios, pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### 2.2 Métodos de análisis

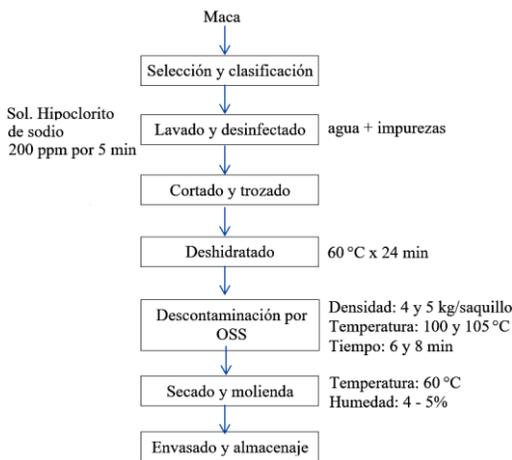
**Análisis físico-químico:** Humedad, proteínas, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos (por diferencia) y energía (calorías), según la metodología de la AOAC (2005). Contenido de glucosinolatos, según lo indicado por Moscol (2013).

**Análisis microbiológicos y patógenos**

Numeración de aerobios mesófilos viables (UFC/g), numeración de levaduras (UFC/g), numeración de mohos (UFC/g). Patógenos: detección de *Salmonella sp.* (25g), numeración de coliformes totales (NMP/g) y numeración de *E. coli* (NMP/g); según la metodología de la ICMSF (2000).

**2.3 Metodología experimental**

En la Figura 1 se presenta el flujo de operaciones del proceso de descontaminación microbiana de la maca por el sistema de esterilización orgánica (Tratamiento OSS).



**Figura 1.** Flujo de Operaciones del proceso de descontaminación microbiana de la maca

En la Tabla 1 se muestra el diseño experimental de la investigación.

**2.3.1. Acondicionamiento de la maca (Tratamiento PRE-OSS)**

Las raíces de maca orgánica adquiridas en el Mercado de Productores de Santa Anita-Lima, fueron seleccionadas y sometidas a los análisis de *E. Coli*, *Salmonella* y Coliformes. Luego se las lavó, desinfectó, corto en trozos de 10x10x10 mm y secó a 60 °C. En esta etapa se evaluó: numeración de aerobios mesófilos viables, numeración de mohos y levaduras. A los trozos deshidratados se les realizó un análisis proximal y la determinación del contenido de glucosinolatos.

**2.3.2. Descontaminación microbiana por el Sistema de Esterilización Orgánica**

El producto fue envasado en saquillos de 4 y 5 kg, formando un batch de 160 kg los que ingresaron a la cámara de proceso para su higienización. El tratamiento OSS se llevó a cabo en 4 etapas: (a) preparación, donde se evacuó el aire de la cámara de vacío preparándola para la inyección de vapor saturado; (b) tratamiento OSS, inyectando vapor saturado a temperaturas programadas de 100 y 105 °C por tiempos de 6 y 8 minutos, con lo que se evita la penetración excesiva del vapor y humedad al interior del producto; (c) evacuado de la cámara de vacío, extrayendo eficientemente el vapor inyectado; (d) secado a 60 °C, ejecutado el tratamiento OSS, nuevamente las muestras fueron secadas hasta una humedad entre 4-5% cuya finalidad fue eliminar el agua remanente y de este modo lograr su estabilidad.

Con el propósito de cuantificar la reducción de la carga microbiana se evaluó el porcentaje (%) antes y después del tratamiento OSS (kg/saquillo, tiempo de proceso y temperatura de inyección de vapor saturado en °C). Los análisis son los mismos que se plantearon en el ítem 2.3.1.

**Tabla 1**  
Diseño experimental

Tratamiento	Carga (kg/saquillo)	Tiempo de proceso (min)	Temperatura de inyección vapor (°C)
T1	4	8	100
T2	4	8	105
T3	4	6	100
T4	4	6	105
T5	5	8	100
T6	5	8	105
T7	5	6	100
T8	5	6	105

**2.3.3 Caracterización del producto final**

Para obtener la harina de maca se realizó la molienda se llevó a cabo en un molino de martillo (80 mesh) y transportada al área de envasado, donde a través de mangas ingresó a la envasadora automática. Para evaluar la calidad de la harina de maca, se realizaron los siguientes análisis: proximal

(humedad, proteínas, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos), contenido de glucosinolatos y microbiológico: numeración de aerobios mesófilos viables, mohos, levaduras, *E. coli*, *Salmonella* y coliformes totales.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Acondicionamiento de la maca (Tratamiento PRE-OSS)

En la Tabla 2 se presentan los resultados del comportamiento de la carga microbiana de la maca (tratamiento PRE-OSS), la materia prima reportó < 3 (NMP/g) para *E. coli* y coliformes totales, y ausencia de *Salmonella*; para aerobios mesófilos viables, los valores más altos correspondieron a los tratamientos T1 y T8 con  $23 \times 10^4$  y  $58 \times 10^3$  UFC/g, respectivamente; para mohos las cargas más altas fueron 40 y 50 UFC/g, para los tratamientos T1 y T6, respectivamente y para. Levaduras se observó que el valor más elevado estuvo en el tratamiento T2, T8 y T4 con 150, 60 y 20 UFC/g, respectivamente. Al respecto, en estudios realizados en maca amarilla de Huancayo se encontraron recuentos de  $11 \times 10^6$  UFC/g para aerobios y  $1 \times 10^3$  UFC/g para mohos (Carrión *et al.*, 2009), los autores indican que los recuentos de aerobios mesófilos y mohos pueden ser

variables dependiendo de la zona de origen y de la variedad de la maca. Estos valores son superiores a los determinados, a pesar de estar sometidos a las mismas operaciones: lavado, desinfectado y secado a 60 °C.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la composición físico-químico de la maca en trozos deshidratados. Se encontró un alto contenido de carbohidratos 86,3%. Al respecto Orellana *et al.* (2005) y Tello *et al.* (1992), reportaron 55 y 76%, respectivamente; Canales *et al.* (2000), Marín-Bravo (2003), Rondán-Sanabria y Finardifilho (2009) indicaron valores indicaron valores entre 59% a 76%, destacando la fructosa entre los azúcares principales.

El contenido de proteínas fue 9,1%, cercano a los rangos de 10 a 14% encontrados por Tello *et al.* (1992). La fluctuación del contenido de proteína depende de la variedad y de la fertilidad del suelo (Flores *et al.*, 2003).

Los contenidos de grasa y fibra fueron 0,2% y 3,7%, respectivamente; Valdivia y Almanza (2013) reportaron 0,9% de grasa y 4,4% de fibra, para raíces de maca amarilla. La diferencia puede deberse a variedad, clima, suelo y labores culturales que influyen en la composición de los vegetales.

**Tabla 2**

Comportamiento de la carga microbiana y de patógenos de la maca al Tratamiento PRE-OSS

Tratamiento	Momento del análisis	Carga Microbiana			Patógenos		
		Aerobios	Mohos	Levaduras	<i>E. Coli</i>	<i>Salmonella</i>	Coliformes
Materia Prima	Maca (raíz)				< 3	ausencia	< 3
T1	PRE OSS	230000	40	< 10	< 3	ausencia	< 3
T2	PRE OSS	7600	20	150	< 3	ausencia	< 3
T3	PRE OSS	8200	20	10	< 3	ausencia	< 3
T4	PRE OSS	6000	10	20	< 3	ausencia	< 3
T5	PRE OSS	58000	10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T6	PRE OSS	3800	50	10	< 3	ausencia	< 3
T7	PRE OSS	8600	20	< 10	< 3	ausencia	< 3
T8	PRE OSS	14000	< 10	60	< 3	ausencia	< 3

**Tabla 3**

Análisis químico proximal de la maca en trozos antes del Tratamiento OSS

Componentes	Trozos de maca deshidratada	
	b. h.	b.s.
Humedad (g/100g)	5,2	-
Proteína (g/100g)	8,6	9,1
Grasa (g/100g)	0,2	0,2
Fibra (g/100g)	3,5	3,7
Cenizas (g/100g)	4,2	4,4
Carbohidratos (g/100g)	81,8	86,3
Glucosinolatos (µmol/g)	1,59	1,68
Valor Calórico (kcal)	363,4	

### 3.2 Descontaminación microbiana por el Sistema de Esterilización Orgánica

En lo que respecta a moho, levaduras, coliformes y *E. coli*, los reportes se encontraron por de bajo de los límites establecidos de la Resolución Ministerial 615-2003-SA/DM (MINSA, 2003) y ausencia de salmonella (Tabla 4). En aerobios se encontró cinco tratamientos con

valores positivos influenciados por la cantidad (kg/saquillo), tiempo de proceso y temperatura de inyección de vapor; el valor mas alto 90 UFC/g correspondió al tratamiento 6, sequipo por el T2, T8, T1y T4 con 60, 50, 20 y 10 UFC/g, respectivamente. Se determina que el tratamiento OSS ejerce acción sobre la carga microbiana en comparación a los recuentos antes de la aplicación del Sistema de Esterilización orgánica.

En la Tabla 5 se muestran los valores de la reducción de la carga microbiana con la aplicación de OSS, en porcentaje. Se encontró que las mayores reducciones porcentuales fueron con el tratamiento 7 (5 kg/saquillo, tiempo de proceso de 6 minutos y 100 °C temperatura de vapor saturado), siendo el seleccionado para tratar maca por el sistema OSS, este tratamiento reportó una reducción de 99,9, 50 y 93,3%, para bacterias aerobias, mohos y levaduras, respectivamente.

**Tabla 4**

Comportamiento de la carga microbiana de la maca después del Tratamiento OSS

Tratamiento	Momento del análisis	Carga Microbiana			Patógenos		
		Aerobios	Mohos	Levaduras	E. Coli	Salmonella	Coliformes
T1	PRE OSS	20	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T2	PRE OSS	60	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T3	PRE OSS	<10	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T4	PRE OSS	10	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T5	PRE OSS	<10	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T6	PRE OSS	90	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T7	PRE OSS	<10	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3
T8	PRE OSS	50	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3

**Tabla 5**

Reducción de la carga microbiana (%)

Tratamiento	Momento del análisis	Carga Microbiana			Patógenos		
		Aerobios	Mohos	Levaduras	E. Coli	Salmonella	Coliformes
T1	PRE OSS	99,8	50,0	0,0	< 3	ausencia	< 3
T2	PRE OSS	99,3	50,0	0,0	< 3	ausencia	< 3
T3	PRE OSS	100,0	75,0	0,0	< 3	ausencia	< 3
T4	PRE OSS	100,0	0,0	0,0	< 3	ausencia	< 3
T5	PRE OSS	99,8	0,0	50,0	< 3	ausencia	< 3
T6	PRE OSS	99,4	0,0	83,3	< 3	ausencia	< 3
T7	PRE OSS	99,9	50,0	93,3	< 3	ausencia	< 3
T8	PRE OSS	98,7	80,0	0,0	< 3	ausencia	< 3

Phianphak *et al.* (2007) encontraron similares resultados aplicando radiación gamma en maca amarilla. Por otro lado, el tratamiento aplicado impide la reproducción de *E. Coli*, *Salmonella* y coliformes, reportando niveles por de bajo de las normativa vigente (MINSA , 2003) y ausencia de salmonella

### 3.3. Caracterización de la harina de maca

#### 3.3.1. Química proximal y glucosinolatos

Los resultados de la caracterización proximal y contenido de glucosinolatos se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6**

Análisis químico proximal y glucosinolatos de la maca en polvo

Componentes	Maca en polvo	
	b.h.	b.s.
Humedad (g/100g)	4,3	-
Proteína (g/100g)	7,8	8,2
Grasa (g/100g)	0,2	0,2
Fibra (g/100g)	3,1	3,2
Cenizas (g/100g)	4,4	4,6
Carbohidratos (g/100g)	83,3	87,6
Glucosinolatos ( $\mu\text{mol/g}$ )	1,58	1,65
Valor Calórico (kcal)	366,2	

b.h.= base húmeda; b.s.= base seca.

La humedad obtenida es de 4,3%, lo que indica que el producto es estable con el tiempo y no existiría riesgo microbiológico, si se lo mantiene aislado del medio (Badui, 2013). Respecto a la proteína, se obtuvo 7,8%, valor que le da interés comercial a la harina, desde un punto de vistas nutricional. El producto obtenido es bajo en grasa y alto en fibra, de interés para personas con signos de obesidad, deportistas y todos aquellos que buscan una vida saludable. El contenido de glucosinolatos fue de 1,58  $\mu\text{mol/g}$ , y se mantuvo por efecto del proceso, indicativo

de que no existe cambio sensorial apreciable en el producto por efecto de la aplicación de vapor saturado. Flores *et al.* (2003), Dini *et al.* (2002) y Li *et al.* (2001) indican que los glucosinolatos son considerados responsables del sabor picante de la maca y se encuentra en menor proporción en maca seca, en comparación al tejido y semilla fresca; la importancia de mantener el contenido de glucosinolatos casi invariable es por la funcionalidad que presentan en las actividades biológicas, propiedades anticancerígenas y capacidad para combatir patógenos (Fahey *et al.*, 2001).

#### 3.4. Análisis microbiológico de la maca en polvo

En la Tabla 7 se presentan los resultados microbiológicos de la maca en polvo, y en la Tabla 8 los estándares de calidad sanitaria peruana y requisitos microbiológicos internacionales para la exportación de productos a Japón (Mincetur/PromPerú, 2010a) y USA (Mincetur/Promperú, 2010b).

Los recuentos microbiológicos garantizan la inocuidad del alimento con valores < 10 UFC/g para bacterias, mohos y levaduras, < 3 NMP/g para *E. Coli*, y coliformes totales, y ausencia para *Salmonella*, por tanto, la tecnología OSS permite obtener un alimento que cumple con los requisitos microbiológicos aceptables, dentro de los rangos que se establece respecto al país de destino. Se puede afirmar que el tratamiento del producto con el Sistema de Esterilización Orgánica (Tratamiento OSS) logra la descontaminación microbiana del producto, preservando al máximo las propiedades nutritivas, sensoriales y terapéuticas, logrando cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos para su comercialización.

**Tabla 7**

Resultados de los análisis microbiológicos de la maca en polvo

Tratamiento	Carga Microbiana			Patógenos		
	Aerobios	Mohos	Levaduras	<i>E. Coli</i>	<i>Salmonella</i>	Coliformes
T7	< 10	< 10	< 10	< 3	ausencia	< 3

**Tabla 8**

Estándares de calidad sanitaria peruana y requisitos microbiológicos internacionales para la exportación de productos a Japón y USA

Norma	Recuento Microbiológico			Patógenos		
	Aerobios	Mohos	Levaduras	<i>E. Coli</i>	<i>Salmonella</i>	Coliformes
Sanitaria Peruana		100	100	10	Ausencia/25g	
Japonesa	<3000	<300	<300	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Internacional USA	<10000	<1000	<1000	Ausencia	Ausencia	Ausencia

#### 4. Conclusiones

Los parámetros establecidos para la esterilización orgánica (OSS) de la maca, que permitió la máxima descontaminación microbiana fueron de: 5 kg/saquillo, 6 minutos de tiempo de proceso y 100 °C de temperatura de inyección de vapor saturado.

En la maca en polvo obtenida, se obtuvo una reducción de la carga microbiana: 99,9% para Aerobios, 50% mohos, 93,3% levaduras. Se alcanzaron recuentos de coliformes totales y *E. coli* <3 UFC/g, levaduras, mohos y aerobios < 10 UFC/g, ausencia de salmonella, cumpliendo con los requisitos establecidos para su comercialización nacional e internacional. El contenido de glucosinolatos no sufrió variación significativa durante el tratamiento OSS, logrando preservar la calidad sensorial, nutricional y terapéutica del producto.

La aplicación del sistema de esterilización orgánica tiende a mantener la composición química del alimento frente a otras tecnologías.

#### 5. Referencias

A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 965.33. 18° Edition. Gaithersburg. Maryland – USA

Badui, S. 2013. Química de los Alimentos 5ta ed. Pearson Educación. México

Canales, M.; Aguilar, J.; Prada, A.; Marcelo, A.; Huamán, C.; Carbajal, L. 2000. Evaluación nutricional de *Lepidium meyenii* (maca) en ratones albinos y su descendencia. ALAN 50: 126 - 133.

Carrión, J.; León, K.; Santiago, J. 2009. Actividad antioxidante de tres ecotipos de maca (*Lepidium meyenii walp*) tratada con radiación gamma. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química 12(2): 72-77.

Dini, I.; Terone, G.; Dini, A. 2002. Glucosinolates from maca (*Lepidium meyenii*). Biochemical Systematics and Ecology 30: 1087–1090.

Fahey, J.; Zalcmann, A.; Talalay, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. Phytochemistry 56: 5–51.

Flores, H.; Walker, T.; Guimaraes, R.; Pal Bais, H.; Vivanco, J. 2003. Andean root and tuber crops: Underground rainbows. Hortiscience 38: 161–167.

Gonzales, G.; Gonzales C.; Gonzales-Castañeda, C. 2009. *Lepidium meyenii* (Maca): a Plant from the Highlands of Perú – from tradition to science. Res Complem Med. 16 (6): 373-380.

ICMSF. 2000. Internacional Comition Microbiological Specification Food, Vol. 1, 3th Edition.

INDECOPI. 2002. Patentes referidas al *Lepidium meyenii* (Maca): Respuestas del Perú. Disponible en: <http://www.indecopi.gob.pe/tribunal/propiedad/Infor-meMaca>.

Johnson, I. 2002. Glucosinolatos: biodisponibilidad e importancia para la salud. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 72: 26-31.

Li, G.; Ammermann, U.; Quirós, C. 2001. Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products. Economic Botany 55: 255–262.

Marín-Bravo, M. 2003. Histología de la Maca *Lepidium meyenii Walpers*. Revista Peruana de Biología 10: 101 - 108.

Mincetur/PromPerú. 2010a. Guía de requisitos sanitarios y fitosanitarios para exportar alimentos a Japón. Disponible en: [http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/req\\_japon.pdf](http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/req_japon.pdf).

Mincetur/PromPerú. 2010b. Guía de requisitos sanitarios y fitosanitarios para exportar alimentos a USA. Disponible en: [http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/req\\_usa.pdf](http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/req_usa.pdf)

MINSA. 2003. norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM.

Moscol, R. 2013. Influencia de la cocción en el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas, flavanoles y glucosinolatos y en la capacidad antioxidante de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*). Tesis para optar el grado de Ingeniero en Industrias alimentarias. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Orellana, A.; Muchaypiña, J.; Guillermo, J. 2005. Prevalencia de hongos en harina de *Lepidium peruvianum* «Maca» en mercados de Andahuaylas, Ica y Cañete – Perú. Revista Peruana de Biología 12(3): 445-448.

- Peruvian Nature. 2014. Organic sterilization system. Disponible en: <http://www.peruviannature.com/oss.html>
- Phianphak W.; Rengpipat S.; Cherdshe-Wasart, W. 2007. Gamma irradiation versus microbial contamination of Thai medicinal herbs. *Journal of Science Technology* 29: 158-166.
- Rondán-Sanabria, G.; Finardi-Filho, F. 2009. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii Walpers*). *Food Chemistry* 114: 492-498.
- Sifuentes-Penagos, G.; León-Vásquez, S.; Paucar-Menacho, L. 2015. Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii Walp.*), cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria* 6 (2): 131 – 140.
- Tello, J.; Hermann, M.; Calderón, A. 1992. Micrografía de maca. "La maca (*Lepidium meyenii Walp*): cultivo alimenticio potencial para las zonas alto andinas". Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos: La Paz, Bolivia. *Boletín de Lima* 14(81): 59-66.
- Valdivia, H.; Almanza, G. 2013. Evaluación del contenido de minerales de *Lepidium meyenii*, maca natural boliviana. *Revista Boliviana de Química* 30(1): 74-79.
- Zhao, J.; Avula, B.; Chan, M.; Clément, C.; Kreuzer, M.; Khan, I.A. 2012. Metabolomic differentiation of maca (*Lepidium meyenii*) accessions cultivated under different conditions using NMR and chemometric analysis. *Planta Med.* 78(1): 90-101.