

# Industrial recovery the Pasuchaca (*Geranium delisianum Knuth*): processes and functional evaluation of derived products

Quinteros, Ronald<sup>1</sup>, Napan, Luis<sup>1</sup>, Alvarez-Yanamango, Erick<sup>1</sup> y Huayta, Fredy<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú, rbquinteros@pucp.edu.pe, lnapan@pucp.edu.pe, erick.alvarez@pucp.edu.pe, fhuayta@pucp.edu.pe

*Abstract - In the present work, we sought to value the functional benefits attributed to the phenolic compounds present in the Pasuchaca (*Geranium delisianum Knuth*). For which it was contemplated to obtain three products derived from this plant: Wholemeal flour, filter infusion, and functional additive. In the study, pilot-scale processes and operations were defined, the evaluation of their functional properties (total phenolic compounds and antioxidant activity) was carried out. As results, the yields were  $70.63 \pm 0.50\%$ ;  $10.82 \pm 0.92\%$  and  $6.35 \pm 0.96\%$  as well as the overall process times of  $300.00 \pm 3.64$  min;  $302.54 \pm 3.78$  min and  $676.55 \pm 5.12$  min for the flour, the filter infusion, and the functional additive, respectively. Thus, the functional evaluation of each product allows us to conclude that the Pasuchaca has a promising future as a nutraceutical in both the food and pharmaceutical industries, this being a subject of study for other investigations.*

**Keywords:** *Geranium delisianum Knuth, Pasuchaca, bioactive, Antioxidants.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.342>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# Valorización industrial de la Pasuchaca (*Geranium delisianum Knuth*): procesos y evaluación funcional de productos derivados.

## Industrial recovery the Pasuchaca (*Geranium delisianum Knuth*): processes and functional evaluation of derived products.

Quinteros, Ronald<sup>1</sup>, Napan, Luis<sup>1</sup>, Alvarez-Yanamango, Erick<sup>1</sup> y Huayta, Fredy<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú, rbquinteros@pucp.edu.pe, lnapan@pucp.edu.pe, erick.alvarez@pucp.edu.pe, fhuayta@pucp.edu.pe

**Resumen** – En el presente trabajo se buscó valorizar los beneficios funcionales atribuidos a los compuestos fenólicos presentes la Pasuchaca (*Geranium delisianum Knuth*). Para lo cual se contempló obtener tres productos derivados de esta planta: La harina integral, la infusión filtrante y el aditivo funcional. En el estudio, se definieron procesos y operaciones a escala piloto, se realizó la evaluación de sus propiedades funcionales (compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante). Como resultados se tuvo los rendimientos de  $70.63 \pm 0.50\%$ ;  $10.82 \pm 0.92\%$  y  $6.35 \pm 0.96\%$  así como los tiempos globales del proceso de  $300.00 \pm 3.64$  min;  $302.54 \pm 3.78$  min y  $676.55 \pm 5.12$  min para la harina, la infusión filtrante y el aditivo funcional, respectivamente. Es así que la evaluación funcional a cada producto, permite concluir que la Pasuchaca tiene un futuro promisorio como nutraceutico tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica, siendo este materia de estudio para otras investigaciones.

**Palabras claves:** *Geranium delisianum Knuth*, Pasuchaca, bioactivos, Antioxidantes.

**Abstract** - In the present work, we sought to value the functional benefits attributed to the phenolic compounds present in the Pasuchaca (*Geranium delisianum Knuth*). For which it was contemplated to obtain three products derived from this plant: Wholemeal flour, filter infusion, and functional additive. In the study, pilot-scale processes and operations were defined, the evaluation of their functional properties (total phenolic compounds and antioxidant activity) was carried out. As results, the yields were  $70.63 \pm 0.50\%$ ;  $10.82 \pm 0.92\%$  and  $6.35 \pm 0.96\%$  as well as the overall process times of  $300.00 \pm 3.64$  min;  $302.54 \pm 3.78$  min and  $676.55 \pm 5.12$  min for the flour, the filter infusion, and the functional additive, respectively. Thus, the functional evaluation of each product allows us to conclude that the Pasuchaca has a promising future as a nutraceutical in both the food and pharmaceutical industries, this being a subject of study for other investigations.

**Keywords:** *Geranium delisianum Knuth*, Pasuchaca, bioactive, Antioxidants.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.342>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

### I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la prevalencia de la diabetes sigue en un alarmante crecimiento. Globalmente, por lo menos 300 millones de personas tienen diabetes; cifras que proyectadas al 2025 muestran un escenario desfavorable para la salud humana. Siguiendo esta tendencia, la diabetes sería la séptima causa de mortalidad para el 2030, teniendo en consideración que aproximadamente la mitad de las muertes atribuibles a la hiperglucemia tienen lugar antes de los 70 años de edad [1]. Desde hace muchos años atrás, la etnomedicina se viene desarrollando, basándose en un conjunto de saberes y técnicas utilizados para la prevención y curación de enfermedades, siendo transmitidos de forma tradicional de generación en generación. En el Perú, se ha demostrado que las plantas medicinales herbáceas son las de mayor uso por la población (70%), seguidas por las arbustivas (13.6%). El mayor consumo se da en especies empleadas para tratar enfermedades de los sistemas digestivo (124 spp), genitourinario (51 spp) y respiratorio (51 spp) [2]. Propiedades que confirman el uso de muchas plantas como una fuente potencial de fármacos para el tratamiento de diversas enfermedades, entre ellas la diabetes.

Particularmente las plantas medicinales son usadas en los países en desarrollo, cumpliendo un rol importante en el tratamiento de esta enfermedad, y a la vez es más asequible para la población en comparación con la medicina convencional [3]. Asimismo, cabe mencionar que muchas de las plantas medicinales, poseen una gran actividad antioxidante; siendo esta una característica común en este tipo de plantas, el cual suele atribuirse a la presencia de diversos compuestos polifenólicos, ya que un alto contenido de estos en una planta podría estar relacionado con altas propiedades antioxidantes [4]. Actualmente, existe un panorama alentador para el desarrollo de nuevos fármacos basado en bioactivos de plantas, ya que se estima que la flora mundial consta de 250 000 especies, y de las cuales el 10% se encuentran en Perú. Además se considera que tan sólo el 60% de la flora peruana ha sido estudiada, siendo el 30% de origen endémico [5] y unas 1408 especies con uso medicinal [6]. Sobre este contexto, se ha venido realizando estudios sobre el efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de *Geranium delisianum Knuth*, mejor conocido como Pasuchaca,

el cual es una planta perenne, acaule y silvestre, que crece en forma espontánea. Su raíz es típica o pivotante; sus hojas son basales, pubescentes; sus flores se agrupan en inflorescencias y su cáliz es dialisépalo, con cinco sépalos pubescentes [7]. Existen reportes de investigaciones que ponen a prueba a esta planta, con la finalidad de valorar el efecto de su aplicación sobre la actividad de una enzima llamada glucosidasa, y en consecuencia demuestra su posible contribución en retrasar la digestión de los carbohidratos, así como la posterior disminución del nivel de glucosa en sangre; por tanto su uso sería una forma de prevención o parte del tratamiento de la diabetes. Incluso se reporta que en la práctica ha llegado a presentar un efecto similar al de la Glibenclamida, el cual es un hipoglucemiante comercial; estableciéndose que a mayor dosis suministrada (500 mg/kg), es mayor el efecto hipoglucemiante [8, 9].

Por otro lado, la Pasuchaca ya ha venido siendo comercializando desde hace una década atrás, a través de tiendas o comercios naturista; donde se venden a esta planta deshidratada y molida bajo la forma de harina, extracto en polvo o como capsulas [10]. Además se le puede utilizar como antiinflamatorio tópico en concentración al 1%, por lo que es posible utilizarse en una emulsión farmacéutica [8].

Debido al comercio ambulatorio, es común encontrarlos en diversos mercados locales, suele ser demandado para ser usado como infusión suspendiendo a la planta en 100 partes de agua caliente o bajo hervor [5], pudiéndose agregar algunas otras hierbas medicinales que podrían mejorar su efecto al consumirlo. Sin embargo, incluso en caso de tener plantas con unas aplicaciones muy claramente específicas y reportadas científicamente, los consumidores corren un alto riesgo en estas prácticas tradicionales. El conocimiento sobre los efectos secundarios es aun incompleto, ya que la información sobre la posible eficacia de todas las especies investigadas es escasa [8]. Por lo que un control más estricto y una identificación más detallada del material botánico vendido en los mercados o centros de abasto públicos, podría ayudar a mejorar su manejo y crearía nuevas cadenas de suministro, para abastecer sistemáticamente a la industria [11, 12].

En este escenario se encuentra en la pasuchaca (*Geranium delisianum* Knuth), por ser una planta con un futuro promisorio basado en el uso ancestral y debido a sus múltiples propiedades funcionales, que podrían ser parte de tratamiento de las enfermedades comunes, impartiendo un carácter hipoglucemiante. Incluso, debido a su carácter antioxidante, tiene también una actividad citotóxica, el cual es de vital importancia en la prevención y/tratamiento de enfermedades relacionadas al cáncer [13, 14].

Por lo tanto, la presente investigación está enfocada a desarrollar un posible valor agregado que pueda proveer a la Pasuchaca (*Geranium delisianum* Knuth), mediante el estudio de nuevos procesos y de las propiedades funcionales que puedan conservar los productos derivados luego de su procesamiento a escala semi-industrial, otorgando la posibilidad de ampliar la información de esta especie que a futuro pueda ser directamente beneficioso para personas que poseen esta enfermedad y además para los profesionales de la

salud, y en general, para la comunidad científica

## II. MATERIALES Y METODOS

### A. Material

La Pasuchaca (*Geranium delisianum* Knuth) fue adquirido en un mercado local, ubicado en el distrito de La Victoria (Lima-Perú), en la sección de productos naturales, entre los meses de septiembre-octubre del 2019, las cuales se derivan de cultivos de la ciudad de Cajamarca (~2750 msnm).

La muestra recolectada fue sometida a análisis fisicoquímicos que comprendieron la medición de pH, Acidez, Humedad, Cenizas, %sólidos solubles, siguiendo los métodos AOAC (2016). Para los ensayos de %Sólidos solubles, Acidez y pH, se utilizó una suspensión de la muestra sólida al 10% w/v.

### B. Procesamiento de la Pasuchaca para la obtención de productos derivados.

El procesamiento de la Pasuchaca se realizó en el Laboratorio de Procesos Industriales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en base a las condiciones operacionales de los equipos a escala piloto, el cual son detalladas en la Fig. 1. Para la estabilización de la materia prima, se usó la técnica de secado por aire caliente, teniendo como parámetros operativos a una temperatura de 40°C, velocidad de aire de 4.7 m/s y una carga de la bandeja de 0.6 g/cm<sup>2</sup>. Posteriormente, la muestra deshidratada fue sometida a diversas operaciones físicas y químicas para obtener los diferentes derivados de Pasuchaca: Harina funcional integral, Infusión de pétalos y un extracto funcional en polvo. Todos los derivados obtenidos fueron envasados en bolsas trilaminadas al vacío, para conservar sus propiedades hasta su posterior análisis.

En cuanto a los controles de proceso, durante las etapas de recepción, extracción, concentración y atomización. La extracción fue realizada por batches a 60°C por 30 min, se repitió el batch, las veces necesarias para obtener la mínima cantidad de compuesto bioactivo en el extracto. En tanto a la atomización, fue llevada a cabo en un secador por atomización (co- corriente) a escala piloto, el cual es alimentado por una bomba peristáltica hacia un aspersor que posee una boquilla no giratoria de diámetro 0.5 mm. En ese sentido, se efectuaron controles y seguimiento del comportamiento de los compuestos bioactivos presentes en cada etapa, siendo cuantificados el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.

### C. Evaluación de las propiedades funcionales: control de proceso y productos derivados.

*Determinación del Contenido de Fenoles Totales (TPC):* Se utilizó el método espectrofotométrico de Folin- Ciocalteu, con algunas modificaciones, las cuales consistieron en una conveniente dilución del extracto inicial y la elección del tipo de solvente en el extracto final (agua y/o metanol). Luego, se colocó en tubos de ensayo 0.5 mL de solvente (agua y/o metanol) como blanco y 0.5 mL de los extractos fenólicos obtenidos previamente en cada etapa del proceso; luego se agregaron 2.5 mL de solución de Folin- Ciocalteu (10%) y se homogenizaron por un tiempo de

2 minutos. Posteriormente se añadió 2 mL de solución de carbonato de sodio (7.5%) a cada tubo de ensayo y se homogenizó en forma similar que las muestras anteriores. Seguidamente se colocó los tubos de ensayo en un baño termostático a 45 °C por 15 minutos. Transcurrido ese tiempo se bajó la temperatura del termostato a 30°C y se esperó 15 minutos hasta realizar la lectura a 765nm en un espectrofotómetro (ThermoFisher, Genesys 20, EEUU). La curva de calibración se realizó con standard Ácido Gálico (Merck, Germany) a concentraciones comprendidas entre 0-100 ug/ml. Los resultados se expresaron en mg GAE/g DM [15, 16].

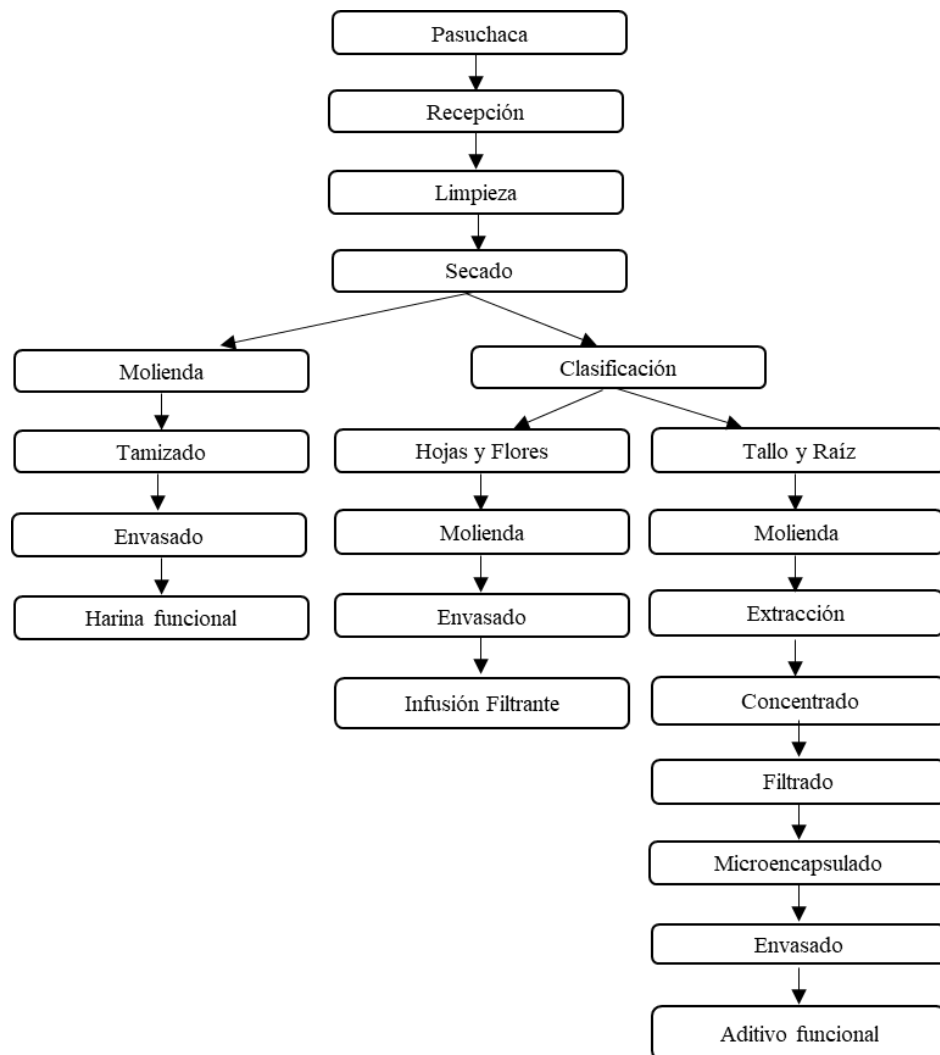
*Determinación de la capacidad antioxidante (AC):* Se utilizó el método propuesto por [17], con algunas modificaciones para evitar que el color de la muestra influya sobre el color de la reacción. Para ello se realizaron diluciones del extracto inicial. Adicionalmente, se usaron dos tipos de solvente para la obtención del extracto final (agua y/o

metanol). La eficacia de eliminación de radicales DPPH se evaluó utilizando 2,2- difenil – 1 – picrilhidracil. Para lo cual, el extracto fenólico obtenido en la fase previa fue diluido de 1 a 20 veces, se tomó 0.1 mL de cada dilución y se mezcló con 3.9 ml de una solución de DPPH (60 µmol/L en metanol). La solución se agitó y se incubó 30 min a temperatura ambiente (25°C) en la oscuridad antes de medir su absorbancia a 515 nm. La inhibición de DPPH (%) se estimó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{DPPH inhibición (\%)} = (1 - ((A \text{ muestra}) / (A \text{ control}))) \times 100$$

Dónde: A muestra es la absorbancia de la muestra y, Acontrol son las absorbancias a 515 nm, respectivamente. La eficiencia de eliminación de radicales DPPH se expresó como mM Equivalente Trolox TE/g DM (Dry mass), que es la concentración de antioxidante en la inhibición del radical DPPH fue del 50% ajustada mediante regresión logarítmica. La curva de calibración fue construida con el estándar Trolox (Sigma Aldrich, Germany).

**Fig. 1.** Diagrama de flujo para la producción de derivados de Pasuchaca



### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Caracterización funcional de la materia prima

En la Tabla I, se muestran los resultados de la caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y funcionales, tales como el contenido fenólico y la capacidad antioxidante. Para ello, se realizaron las pruebas a la planta entera y en partes (tallo y flor), con el objetivo de delimitar su funcionabilidad de las mismas, y darle un uso eficiente. En tanto a las propiedades fisicoquímicas, se observa que imparte un carácter de ácido débil, este dato es importante para la preservación del alimento, al ser parte o producto integral para consumo humano [18]. En tanto al contenido de cenizas, se denota una notoria cantidad de cenizas, este análisis en los alimentos es un indicador del contenido total de minerales y materia orgánica, micro elementos que cumplen funciones metabólicas importantes en el organismo y que, en el caso de la pasuchaca, podría ser muy beneficioso para el consumo humano [19].

En cuanto a las propiedades funcionales, se denota claramente la predominancia del tallo sobre la flor, siendo 3.5 veces mayor, tanto en TPC como AC. Ello nos permite tener la libertad de confirmar y delimitar su uso. En este sentido, la flor sería destinada para la producción de la infusión filtrante y el tallo será utilizado para la producción de un aditivo funcional, que pueda ser usado para fortificar o enriquecer alimentos y nutraceuticos [14].

#### 3.2 Procesamiento de la Pasuchaca para la obtención de productos derivados.

La literatura sobre aplicación de modelos matemáticos y el mecanismo de secado fueron aplicados en el proceso de estabilización de la Pasuchaca. En este sentido, nos servimos de la estadística para determinar cuál es el modelo matemático que se ajusta y explica mejor el comportamiento del fenómeno de secado, buscando tener una mejor precisión en el procesamiento y valorización de esta planta medicinal [20].

De los modelos propuestos para explicar dicho comportamiento, solo dos de ellos mostraron un mejor ajuste. Véase la Tabla II.

**TABLA II**

Modelos matemáticos seleccionados para el secado de la Pasuchaca

Modelo	Expresión matemática	Referencia
Page	$MR = \exp(-kt^n)$ (Ec. 2)	[21]
Logarítmico	$MR = a \exp(-kt) + c$ (Ec. 3)	[22]
Hend-Pabis	$MR = a \exp(-kt)$ (Ec. 4)	[23]

Donde a, c, n y k, son parámetros de ajuste de los modelos, t simboliza el tiempo de secado y MR denota el coeficiente adimensional de humedad.

Para poder aplicar los modelos, se hizo uso de MS Excel, con su herramienta de cálculo SOLVER. De los modelos estudiados, tanto el modelo logarítmico como el de Hend-Pabis mostraron el mejor ajuste, alcanzando un coeficiente de Pearson  $R^2 \geq 0.98$ , mientras que modelo el de Page obtuvo un  $R^2 < 0.95$ , tal como se aprecia en la Fig. 2. Describiendo así el comportamiento de la humedad libre en base seca de la pasuchaca con relacion al tiempo, notando que se hace constante pasado las 2 horas de operación. Esta información es relevante para poder determinar el tiempo mínimo de secado y economizar costos de acondicionamiento [24, 25].

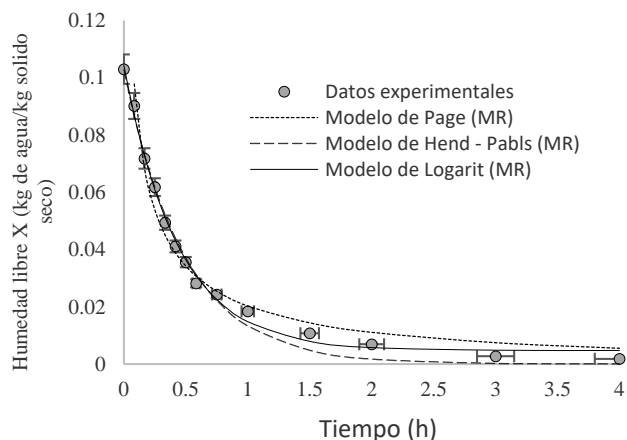
Para la extracción de los compuestos bioactivos en el tallo de la pasuchaca, como aditivo funcional, se procedió a realizar extracciones sucesivas hasta agotamiento. Se realizaron cinco extracciones en total, teniendo a la cantidad fenólica como principal indicador, siendo así, se determinó que solo fueron necesarias dos extracciones para poder extraer más del 60% del contenido polifenólico de la matriz botánica; sin embargo, la mayor ratio de extracción se dio a la tercera extracción, alrededor del 50%, pero el contenido fenólico era bajo. Este hecho sugiere que tiempo de extracción debe de ser mayor a los 30 minutos en cada etapa (Fig. 3).

**TABLA I**

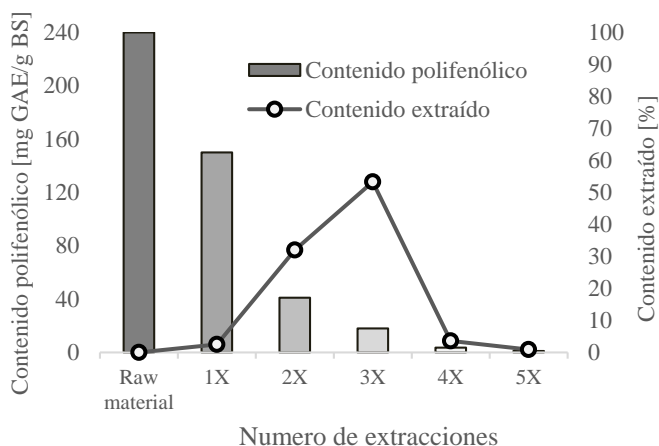
Algunas propiedades fisicoquímicas y funcionales de la Pasuchaca

	Acidez titulable (% Ácido cítrico)	pH	% Sólidos solubles (°Brix)	% Humedad	% Cenizas	TPC (mg GAE/g DM)	AC DPPH (EC50 [mM TE/g DM])
<b>Planta entera</b>	0.98 ± 0.01	5.87 ± 0.01	3.44 ± 0.74	16.84 ± 0.52	9.63 ± 0.03	173.91 ± 0.31	8.71 ± 0.70
<b>Tallo</b>	1.02 ± 0.00	5.4 ± 0.06	4.3 ± 0.14	15.3 ± 0.18	5.88 ± 1.19	267.66 ± 1.65	12.7 ± 0.14
<b>Flor</b>	0.11 ± 0.02	6.04 ± 0.05	0.30 ± 0.00	18.04 ± 0.12	13.13 ± 1.93	76.54 ± 0.24	3.52 ± 0.12

**Fig. 2.** Cinética de secado de la Pasuchaca.



**Fig. 3** Extracciones sucesivas en el tallo de Pasuchaca.



Con el extracto obtenido, se procedió a concentrar la muestra al vacío a una presión de cámara de -0.8 bar, a una temperatura de 60°C y por un tiempo de 3. Horas. Pasado este tiempo se procedió a encapsular y atomizar el extracto. Para encapsular los compuestos bioactivos presentes en el extracto, se utilizó maltodextrina 10 DE y se tuvo como parámetros durante el atomizado a una temperatura menor a 170 °C y un flujo de alimentación menor a 1 L/H.

La tabla III muestra las cuantificaciones de TPC y CA para cada etapa del proceso.

**TABLA III**

Control del contenido funcional en el procesamiento del aditivo funcional

Obtención de aditivo	TPC	CA DPPH
Extracto acuoso	406.46 ± 8.35	5.37 ± 0.14
Extracto concentrado	404.20 ± 3.88	4.29 ± 0.11
Extracto atomizado	314.33 ± 0.72	3.82 ± 0.11

TPC expresado en mg GAE/g extracto b.s, CA expresado en mM TE/g extracto BS.

Durante todo el procesamiento de obtención de los productos derivados, se controló el rendimiento por cada operación, así como los tiempos incurridos por cada kilogramo de pasuchaca fresca en el procesamiento a escala piloto, de manera que posteriormente permita hacer la evaluación económica y rentabilidad del proceso (Tabla IV). Siendo la valorización de la Pasuchaca el principal objetivo, debemos saber cuánto es puntualmente el recurso necesario para producir cada derivado, así como el manejo de tiempo, que servirán de gran apoyo para futuras investigaciones sobre la explotación este recurso.

Finalmente, se hace una evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas y funcionales en los productos derivados. En la cual podemos indicar, que a pesar de evidenciarse una degradación del 30% de los principios bioactivos estudiados, respecto al extracto inicial, el polvo todavía conserva su carácter funcional; similar escenario se refleja en la infusión filtrante, tal como se muestra en la Tabla V.

Una de las principales razones para estudiar a las plantas medicinales, como la Pasuchaca, es debido a la presencia de compuestos bioactivos, el cual se der incluida en la dieta diaria, potencialmente podría cumplir un rol muy importante en la prevención de varias enfermedades. Es así que, el consumo de polifenoles, viene recibiendo un creciente interés; bajo las diferentes formas que pueden ser suministrado [14]. Sobre ello, [26] estudiaron las propiedades funcionales, dentro de ellas la cantidad total de fenoles, en este tipo de plantas, reportando para *G. dielsianum* un valor de  $35 \pm 3.5$  mg GAE/g extracto. Sugiriendo que los compuestos fenólicos pueden efectuar un papel antioxidante en la protección del daño oxidativo de biomoléculas importantes, que están involucradas en la generación de numerosas enfermedades. En un estudio realizado a plantas medicinales provenientes del Perú, [27] reportaron que, de las plantas estudiadas, el *G. dielsianum*, presenta valores alto en relación a su capacidad antioxidante, alcanzando  $1.234 \pm 0.031$  mmol trolox/100 ml. Incluso es alrededor de tres veces más alto en relación a otras especies medicinales, tales como la *L. meyenii* y *T. ochracea*.

#### IV. CONCLUSIÓN

Este estudio tuvo como objetivo principal a la valorización de la Pasuchaca, por ser una planta medicinal con un futuro promisorio. A pesar de que en el estudio los rendimientos globales fueron relativamente bajos, estos resultados son importantes para la mejorar del proceso y/o la realización futuros estudios escalamiento; teniendo como respuesta un producto estandarizado. No obstante, el valor funcional de los productos derivados obtenidos resulto ser muy alto en relación a otras especies medicinales; por lo que su consumo podría darse en forma preventiva o ser parte del tratamiento de la diabetes. Si bien es cierto, solo hay evidencias a nivel preclínico, se espera que este artículo impulse un mayor número de estudios en la comunidad científica, promoviendo el desarrollo de nuevas cadenas productivas.

**TABLA IV**

Rendimiento de las operaciones y control de tiempos

Operaciones unitarias	Harina integral		Infusión filtrante		Aditivo funcional	
	Rendimiento (%)	Tiempo (min)	Rendimiento (%)	Tiempo (min)	Rendimiento (%)	Tiempo (min)
Recepción	100.00 ± 0.00	5.25 ± 0.07	100.00 ± 0.00	5.25 ± 0.07	100.00 ± 0.00	5.25 ± 0.07
Limpieza	97.70 ± 0.42	12.92 ± 0.45	97.70 ± 0.42	12.92 ± 0.45	97.70 ± 0.42	12.92 ± 0.45
Secado	77.33 ± 1.16	257.5 ± 3.54	77.33 ± 1.16	257.50 ± 3.54	77.33 ± 1.16	257.50 ± 3.54
Clasificación	NA		16.16 ± 0.91	21.00 ± 1.41	48.98 ± 1.21	16.19 ± 0.45
Molienda	97.48 ± 0.20	10.85 ± 0.49	97.01 ± 0.48	5.50 ± 0.71	97.75 ± 0.98	6.85 ± 0.13
Tamizado	95.82 ± 0.42	16.35 ± 0.78	92.86 ± 0.74	7.33 ± 0.47	96.10 ± 0.45	10.89 ± 0.87
Extracción	NA				96.15 ± 0.37	87.00 ± 2.83
Concentrado					8.44 ± 0.15	213.91 ± 4.24
Microencapsulado					98.29 ± 0.91	5.34 ± 0.81
Filtrado					90.5 ± 0.69	14.99 ± 0.74
Atomizado					74.00 ± 1.47	51.5 ± 2.12
Envasado					97.79 ± 0.47	3.68 ± 0.60
Global	<b>70.63 ± 0.50</b>	<b>300.00 ± 3.64</b>	<b>10.82 ± 0.92</b>	<b>302.54 ± 3.78</b>	<b>6.35 ± 0.96</b>	<b>676.55 ± 5.12</b>

**TABLA V**

Algunas propiedades fisicoquímicas y funcionales de los derivados de la Pasuchaca

Derivados de la Pasucacha	Acidez titulable (% Ácido cítrico)	pH	% Solidos solubles (°Brix)	% Humedad	% Cenizas	TPC (mg GAE/g DM)	AC DPPH (EC50 [mM TE/g DM])
Harina integral	1.21 ± 0.03	5.33 ± 0.04	0.40 ± 0.12	9.81 ± 0.17	10.95 ± 0.13	187.12 ± 0.98	9.36 ± 0.57
Infusión filtrante	1.88 ± 0.01	4.69 ± 0.85	1.7 ± 0.08	8.28 ± 0.54	6.06 ± 0.10	9.3 ± 0.11	2.88 ± 0.01
Aditivo funcional	0.11 ± 0.02	5.54 ± 0.87	9.21 ± 0.98	4.06 ± 0.12	2.6 ± 0.04	251.81 ± 0.02	3.19 ± 0.09

## Referencias

- [1] V. Quitral R. and e. al., "Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional," *Revista Chilena de Nutrición*, vol. 39, no. 4, pp. 196-202, Diciembre 2012.
- [2] C. D. Mathers and D. Loncar, "Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030," *PLoS Med*, vol. 3, no. 11, pp. 2011-2030, 2006.
- [3] OMS, Organización Panamericana de la Salud, "Situación de las plantas medicinales en Perú. Informe de reunión del grupo de expertos en plantas medicinales," OPS/PER/19-001, Lima, 2018.
- [4] G. Arumugam, P. Manjula and N. Paari, "A review: Anti diabetic medicinal plants used for diabetes mellitus," *Journal of Acute Diseases*, vol. 2, no. 3, pp. 196-200, 2013.
- [5] A. Wojdyło, J. Oszmianski and R. Czemerys, "Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs," *Food Chemistry*, vol. 105, no. 3, p. 940-949, 2007.
- [6] R. Bussmann and D. Sharon, *Plantas medicinales de los Andes y la Amazonia, Trujillo: © Rainer W. Bussmann – Douglas Sharon*, 2015.
- [7] A. Brack Egg, *Perú : biodiversidad, pobreza y bionegocios*, Lima: Lima : PNUD, 2004.
- [8] C. Bell, "Productos Naturales PASUCHACA," *Ágora*, vol. 2, no. 1, pp. 139-141, 2015.
- [9] M. Karato, K. Yamaguchi, S. Takei, T. Kino and K. Yazawa, "Inhibitory Effects of Pasuchaca (*Geranium dielsium*) Extract on  $\alpha$ -Glucosidase in Mouse," *Biosci. Biotechnol. Biochem*, vol. 70, no. 6, pp. 1482-1484, 2006.

- [10] M. E. Gutierrez Zegarra, "Efecto del extracto acuoso del *Geranium dielsianum* Knuth (Pasuchaca) en la hiperglucemia inducida experimentalmente con estreptozotocina, en *Rattus Norvegicus*, Arequipa 2016," Universidad Nacional de San Agustín - Facultad de Ciencias Biológicas, Arequipa, 2016.
- [11] SIICEX, "Producto Pasuchaca según sus principales presentaciones en US\$ 2006 - 2020," Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, 01 01 2017. [Online]. Available: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preporte=prodpresvolu&pvalor=1941>. [Accessed 24 2 2020].
- [12] G. Tassef, "Standardization in technology-based markets," *Research Policy*, vol. 29, no. 4, p. 587–602, 2000.
- [13] R. Bussmann, N. Paniagua-Zambrana, M. Chamorro, N. Moreira, J. Olivera and M. Cuadros Negri, "Peril in the market-classification and dosage of species used as anti-diabetics in Lima, Peru," *J Ethnobiol Ethnomed*, vol. 9, no. 37, pp. 1-7, 2013.
- [14] C. Manach, A. Scalbert, C. Morand, C. Rémésy and L. Jiménez, "Polyphenols: food sources and bioavailability," *The American Journal of Clinical Nutrition*, p. 727–747, 2004.
- [15] V. Singleton and J. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents," *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, pp. 144-153, 1965.
- [16] R. Alves, A. Costa, M. Jerez, S. Casal, J. Sineiro, M. Nuñez and B. Oliveira, "Antiradical Activity, Phenolics Profile, and Hydroxymethylfurfural in Espresso Coffee: Influence of Technological Factors," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, no. 23, pp. 12221-12229, 2010.
- [17] W. Brand-Williams, M. Cuvelier and E. Berset, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *Food Sci Tech*, vol. 28, no. 1, pp. 25-30, 1995.
- [18] C. Kim, K. Wilkins, K. Bowers, M. Wynn and E. Ndegwa, "Influence of PH and Temperature on Growth Characteristics of Leading Foodborne Pathogens in a Laboratory Medium and Select Food Beverage," *Austin Food Sciences*, vol. 3, no. 1, pp. 1-8, 2018.
- [19] FAO Comisión del Codex Alimentarius, "PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS," 10 Julio 1987. [Online]. Available: [http://www.fao.org/input/download/report/295/al87\\_20s.pdf](http://www.fao.org/input/download/report/295/al87_20s.pdf). [Accessed 21 Febrero 2020].
- [20] U. Inyang, I. Oboh and B. Etuk, "Kinetic Models for Drying Techniques—Food Materials," *Advances in Chemical Engineering and Science*, vol. 8, pp. 27-48, 2018.
- [21] E. Akoy, "Experimental characterization and modeling of thin-layer drying of mango slices," *International Food Research Journal*, vol. 21, no. 5, pp. 1-8, 2014.
- [22] K. Kaur and A. Singh, "Drying kinetics and quality characteristics of beetroot slices under hot air followed by microwave finish drying," *African Journal of Agricultural under hot air followed by microwave finish drying*, vol. 9, no. 12, p. 1036–1044, 2014.
- [23] E. Meisami-as, S. Rafiee, A. Keyhani and A. Tabatabaeefar, "Determination of suitable thin layer drying curve model for apple slices (variety-Golab)," *Plant OMICS*, vol. 3, no. 3, p. 103–108, 2010.
- [24] P. J. Thomas, *Simulation of Industrial Processes for Control Engineers*, Butterworth-Heinemann: Elsevier Science & Technology Books, 1999.
- [25] K. Velten, *Mathematical Modeling and Simulation*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.
- [26] O. Herrera, C. Alvarado, J. Arroyo, J. Rojas, V. Chumpitaz, R. Hañari and R. Valenzuela, "Phytochemical screening, total phenolic content, antioxidant, and cytotoxic activity of five peruvian plants on human tumor cell lines," *Pharmacognosy Research*, pp. 161-165, 2018.
- [27] A. Berłowski, K. Zawada, I. Wawer and K. Paradowska, "Antioxidant Properties of Medicinal Plants from Peru," *Food and Nutrition Sciences*, pp. 71-77, 2013.