

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



**Caracterización proximal y actividad antioxidante de cáscara,
semilla y hojas de pacay (*Inga feuilleei*)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

Autor:

Caroline Melissa Mallqui Montesinos

Asesor:

Ph.D. Silvia Pilco Quesada

Lima, julio de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Silvia Pilco Quesada, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**CARACTERIZACIÓN PROXIMAL Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CÁSCARA, SEMILLA Y HOJAS DE PACAY (INGA FEUILLEEI)**” del autor Caroline Melissa Mallqui Montesinos tiene un índice de similitud de 1% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 13 días del mes de julio del año 2023.



PhD. Silvia Pilco Quesada

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 13 día(s) del mes de Julio del año 2023 siendo las 10:30 horas se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Dr. Reynaldo Justino Silva Paz, el (la) secretario(a): Dr. Santiago Ramirez Lopez y los demás miembros: Mg. Daniel Sumire Acosta y el (la) asesor(a) Ph.D. Siluica Pilco Quesada

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Caracterización proximal y actividad antioxidante de cáscara, semilla y hojas de papay (Inga feuilleel)"

del(los) bachiller(es): a) Caroline Melissa Mallqui Montesinos
 b) _____
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero de Industrias Alimentarias
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Caroline Melissa Mallqui Montesinos

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior


Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



 Presidente/a



 Secretaria/a




 Asesor/a



 Miembro

 Miembro



 Bachiller (a)

 Bachiller (b)

 Bachiller (c)

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo dedico en primer lugar a Dios, por ser quien guio e inspiró todo este proceso de alcanzar esta meta como profesional.

A mis padres, por su apoyo, amor, motivación, perseverancia, trabajo y sacrificio en todos estos años de estudio, gracias a ustedes he podido lograr alcanzar mis sueños y anhelos. Es un orgullo y un privilegio ser su hija, comparto este logro y alegría con ustedes.

A mi familia y amigos que también estuvieron presente en todo el transcurso de este trabajo de investigación, y brindaron su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A todos mis docentes que han compartido sus conocimientos, asimismo han guiado el desarrollo de este trabajo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la vida, por su protección ya que en los momentos más difíciles mostraba su amor a través de las personas que me apoyaron en todo este proceso de investigación.

Gracias a mis padres: Enmaly Montesinos y Juan Mallqui, por confiar en mí y siempre ayudarme a alcanzar las metas que me propongo, y por el ejemplo de la perseverancia constante y la confianza plena en Dios.

Agradezco a mis docentes de la Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Peruana Unión, por haber compartido sus conocimientos, de manera en especial al PhD. Julio Paredes, Ing. Miguel Luna, Ing. Ibeth Coavoy, asimismo a la PhD. Silvia Pilco Quesada asesora de mi proyecto de investigación quien ha guiado de inicio a fin con dedicación, paciencia y motivación.

Caracterización proximal y actividad antioxidante de cáscara, semilla y hojas de pacay (*Inga feuilleei*)

Proximal characterization and antioxidant activity of peel, seed and leaves of pacay (*Inga feuilleei*)

Caroline M. Mallqui-Montesinos¹ y Silvia Pilco-Quesada^{2*}

¹Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión. Lima-Perú.

²Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión. Lima-Perú.

Abstract

Peru has a great biodiversity, within the families of native leguminous plants that have been scarcely studied and characterized, the pacay in the variety *Inga feuilleei* stands out, being considered it's family as nutritious and with beneficial biological properties for human beings, as a consequence, there is the need to study them evaluating the effect of temperature on their content of bioactive compounds. This research aimed was to evaluate the effect of temperature on the proximal composition, physicochemical and antioxidant activity of the peel, seed, and leaves of pacay (*Inga feuilleei*). The results showed a high protein content in the leaves dried at 40°C presented 7.91g/100g and at 80°C 20.82g/100g, in the seeds from 6.20g/100g to 19.98g/100g; the fiber content in pacay husk dried at 80°C had a value of 74.00/100g and higher pH content with 6.75 for samples dried at 40°C. The pacay leaves have a higher lipid concentration of 8.08g/100g at 40°C and 8.54/100g at 80°C. The husk dried at 80°C presented a decrease of 31.28 g/100g in carbohydrates compared to the husk dried at 40°C. The temperature of 80°C was the variable that positively influenced the content of phenolic compounds and antioxidant activity of pacay leaves, reaching the maximum values of 889.62 mg/100g and 743946.67 µmol Trolox/100g, respectively. The results demonstrate the potential of pacay of the variety "*Inga feuilleei*" as a base ingredient to formulate new nutritional products rich in antioxidants.

Keywords: Pacay; Phenolic compounds; Antioxidant capacity; Proximal composition; Bioactives compounds; Legumes.

Resumen

El Perú posee una gran biodiversidad, dentro de las familias de las leguminosas autóctonas que han sido escasamente estudiadas y caracterizadas, resalta el pacay en la variedad *Inga feuilleei*, siendo considerada su familia como nutritivas y con propiedades biológicas benéficas para el ser humano, como consecuencia existe la necesidad de estudiarlas evaluando el efecto de la temperatura en su contenido de compuestos bioactivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura en la composición proximal, fisicoquímica y actividad antioxidante de la cáscara, semilla y hojas del pacay (*Inga feuilleei*). Los resultados mostraron un alto contenido proteico en las hojas secadas a 40°C presentaron 7.91g/100g y a 80°C 20.82g/100g, en las semillas de 6.20g/100g a 19.98g/100g; el contenido de fibra en la cáscara de pacay secadas a 80°C tuvo un valor de 74.00/100g y mayor contenido de pH con 6.75 para muestras secadas a 40°C. Las hojas de pacay tienen una mayor concentración lipídica de 8.08g/100g a 40°C y 8.54/100g a 80°C. La cáscara secada a 80°C presentó una disminución de 31.28 g/100g en carbohidratos en comparación de la cáscara secada a 40°C. La temperatura de 80°C fue la variable que influyó positivamente en el contenido de los compuestos fenólicos y actividad antioxidante de las hojas de pacay, alcanzando los máximos valores de 889.62 mg/100g y 743946.67 µmol Trolox/100g, respectivamente. Los resultados demuestran el potencial que tiene el pacay de la variedad "*Inga feuilleei*" como ingrediente base para formular nuevos productos nutritivos ricos en antioxidantes.

Palabras clave: Pacay; Compuestos fenólicos; Capacidad antioxidante; Composición proximal; Compuestos bioactivos; Leguminosas.

1. Introducción

Diversos estudios muestran que el consumo de frutas y verduras pueden ayudar a prevenir las formas de desnutrición y deficiencia de micronutrientes, asimismo como las enfermedades crónicas no transmisibles tales como sobrepeso y obesidad (OMS y FAO, 2005). Actualmente, las personas están en busca de una alimentación más saludable, aumentando su consumo de productos saludables, reduciendo la ingesta de alimentos procesados con gran contenido de radicales libres. El Perú tiene gran variedad de frutas exóticas, como el pacay (*Inga feuilleei*) una fruta con forma de vaina de color verde oscuro en cuyo interior se encuentra el fruto; el género *Inga* es originario de la Amazonía en Perú, Ecuador, Brasil, Bolivia y Colombia (Lawrence, 1993), pertenece al grupo de las leguminosas, y particularmente al género botánico *Inga* (Gutierrez, 2012). Es un árbol que alcanza hasta 30m de altura (Falcao & Clement, 2000); tronco de 30 a 60cm de diámetro, desde la base es muy ramificado y tiene una corteza lisa de color marrón grisáceo, Las hojas son alternas y pecíolos caducos, espinazo alado pardo rojizo. La pulpa madura son comestibles, ya que son carnosos y dulces (Silva, Huayama, & Izquierdo, 2015). La fruta *Inga* contiene carbohidratos, vitaminas del complejo B y minerales (Bressani, 2010). Algunas especies como *I. ynga* e *I. feuilleei* son de importancia económica en el mundo, siendo las más comercializadas y cultivadas por sus frutos (Aparicio, 2013). El uso comercial más conocido del pacay es como árbol de sombra para las plantaciones de cacao o café, debido a que ha demostrado ser muy beneficioso para el suelo de la producción agrícola, ya que sus raíces son fijadoras de nitrógeno. Este árbol muestra un crecimiento asombrosamente rápido (León, Reynel, & Pennington, 2016) y es cultivado en numerosos países por sus abundantes cosechas (Rezende, Patto, Silva, Oliveira, & Martins, 2015). El pacay destaca por sus propiedades antisépticas, cicatrizantes y antioxidantes; además de contener fibra, calcio, hierro y fósforo (Vásquez & Villacorta, 2022). El tallo, hojas, fruto poseen una variedad de metabolitos, entre ellos encontramos taninos y flavonoides; estos metabolitos pueden ser los responsables de los efectos terapéuticos antiinflamatorios, gastroprotectora y analgésica (Cartaya & Reynaldo, 2001). Los efectos de los polifenoles se deben principalmente a sus propiedades antioxidantes que se encuentran en la semilla, las hojas, la cáscara y la pulpa (Berrocal, 2019). En este aspecto, la industria alimentaria actualmente está buscando oportunidades para utilizar los subproductos de los desechos agrícolas para producir productos saludables (Moreira, Montesdeoca, Mendoza, Vera, & Piloso, 2021). En Perú la naturaleza nos proporciona una fuente inagotable de frutos que permiten a nuestra población disfrutarlos sin tener el inconveniente de padecer algún malestar por consumirlos (Deza, 2019) sin embargo, existe una carencia de investigaciones enfocados a la valorización de estos frutos. El pacay de la variedad *Inga feuilleei* es uno de ellos en donde hay pocas investigaciones enfocadas a conocer sus propiedades nutricionales, cuantificación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Por ese desconocimiento se está desaprovechando todas las propiedades benéficas que este fruto ofrece. El propósito de la investigación fue evaluar el efecto de la temperatura en la composición proximal, fisicoquímica y actividad antioxidante de la cáscara, semilla y hojas del pacay (*Inga feuilleei*).

2. Materiales y métodos

2.1. Materia prima

Pacay (*Inga feuilleei*) en estado fresco en el pueblo de Huamba, distrito Huarmey (Latitud: 9°56'59"S, Longitud: 77°52'0"O), provincia Huarmey, departamento Ancash, Perú.

2.2. Metodología experimental

2.2.1. Acondicionamiento de la materia prima

Se adquirió 80 kg de frutos y 15kg de hojas de pacay. El pacay fue lavado, secado y despulpado manualmente para extraer las semillas y las cáscaras, de igual forma las hojas fueron lavadas y secadas.

Posteriormente fueron secados en una estufa (Laboratory Oven G-030-ALFA, Turquía) a temperaturas de 40°C y 80°C por un tiempo de 6h. Luego fueron molidas y tamizadas a 0,5 mm, envasadas en recipientes de vidrio con tapa hermética previamente esterilizadas y rotuladas, fueron almacenadas a 4°C.

2.3. Análisis proximal de las hojas, cáscara y semillas del pacay

El método estándar internacional (AOAC, 2005) para determinar la humedad (AOA – 925.09), lípidos (AOAC – 920.39), fibra total (AOAC – 962.09), cenizas (AOAC – 930.05), proteínas (AOAC – 920.152), los carbohidratos fueron calculados por la diferencia. Todos los análisis se realizaron en triplicado.

2.4. Análisis fisicoquímico de las hojas, cáscaras y semillas del pacay

El método estándar internacional (AOAC, 2000) fue usado para pH (AOAC – 981.12) y acidez titulable (AOAC – 942.15).

2.5. Extracción de compuestos fenólicos

Se utilizó el método de Carciochi, Manrique & Dimitrov (2013) con algunas modificaciones, donde 1 g de muestra y 10 ml de etanol se mezclaron por ultrasonido (Branson Ultrasonics, CPX2800-J, Japan) y se centrifugaron (Greetmed, GTT119-200, EE.UU.) durante 20 minutos a 4000 rpm, luego se filtró el sobrenadante a través de un filtro de nylon de 0,45 µm, al precipitado se añadió 10 ml de etanol y se repitió el proceso. El sobrenadante se almacenó en viales ámbar a -18°C hasta su posterior análisis.

2.6. Determinación de Fenoles totales

Se basó en el método de Swain & Hillis (1959), se tomó 0.5ml del extracto fenólico y se añadió 6,5ml de agua destilada en un tubo de ensayo. Se mezcló bien el contenido utilizando el baño ultrasonido (Branson Ultrasonics, CPX2800-J, Japan) durante 3 minutos, se le añadió 0,50 ml del reactivo Folin-Ciocalteu y se volvió a agitar por 3 minutos. Posteriormente, se añadió 1 ml de solución saturada de carbonato sódico y se completó la mezcla hasta 10 ml. Después de 1h de reposo a temperatura de ambiente en oscuridad, se midió la absorbancia en cubetas de 1cm a 725 nm utilizando un espectrofotómetro digital (Vernier, Go Direct Spectrovis plus, EE.UU.).

2.7. Determinación de la capacidad antioxidante por ABTS

Se utilizó el método de Cano & Arnao (2004), para las muestras de hoja, semilla y cáscara del pacay secadas a 40°C y 80°C se analizaron por triplicado utilizando un volumen de 10 µL. La capacidad antioxidante se midió en un medio de reacción compuesto por ABTS 2 mM, peróxido de hidrógeno 35 µM y HRP 0,25 µM, en un volumen final de 1 ml de tampón fosfato 50 mM (pH 7,5). La reacción se midió a una longitud de onda de 730 nm. Posteriormente, 10 µL de muestra fueron adicionados al medio de reacción y 5 minutos después se midió nuevamente la absorbancia en la misma longitud de onda. Se calcularon las diferencias de absorbancia. Para la curva de calibración se utilizaron diferentes concentraciones de trolox.

2.8. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorio, siendo las variables independientes hojas, cáscara y semillas de pacay secadas a temperaturas de 40°C y 80°C, como variables dependientes los análisis proximales (humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibra y carbohidratos), análisis fisicoquímicos (acidez y pH), compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar. El análisis estadístico se efectuó con el software Minitab 17 y STATISTICA 7 (Stat Soft Inc., Tulsa, OK, EE. UU.). Se encontraron diferencias significativas en $p < 0,05$. Las diferencias en la composición química entre las muestras se analizaron mediante un ANOVA con la prueba de significancia post-hoc de Tukey.

3. Resultados y discusiones

3.1. Análisis proximal del pacay

La tabla 1 presenta los resultados de la composición proximal de las muestras de hojas, cáscaras y semillas. La humedad de la cáscara secada a 40°C contienen mayor humedad con 60,00g/100g, y de las muestras secadas a 80°C las semillas presentan mayor humedad 8,00g/100g. Los resultados indican que la cáscara es más susceptible a la temperatura de secado, donde se observó una variación de 57,66g/100g. Silva (2011) demostró que la humedad disminuye de 51,67 a 5,86g/100g cuando se somete a temperaturas de 40°C, 55°C y 70°C en hojas de pacay de la variedad *Inga edulis*. Bressani (2006) estudió la caracterización de tres diferentes especies, paterna (*Inga paterna*), guaba (*Inga vera*) y cushin (*Inga jinicuil*), reportó que a una temperatura de 100°C obtuvo mayor contenido de humedad en semillas 7,97g/100g, 6,44g/100g y 7,86g/100g respectivamente.

Tabla 1. Análisis proximal de pacay (g/100g de muestra)

Muestras		Humedad	Cenizas	Lípidos	Proteína	Fibra Cruda	Carbohidratos
Hojas	40°C	41,00 ± 1,63 ^c	9,50 ± 0,41 ^a	8,08 ± 0,13 ^a	7,91 ± 0,01 ^c	39,60 ± 0,49 ^c	34,91 ± 1,02 ^c
	80°C	4,33 ± 0,47 ^e	5,48 ± 0,22 ^b	8,54 ± 0,10 ^a	20,82 ± 0,02 ^a	41,68 ± 0,45 ^c	23,48 ± 0,49 ^d
Cáscara	40°C	60,00 ± 0,82 ^a	4,33 ± 0,24 ^c	5,20 ± 0,26 ^b	2,51 ± 0,02 ^f	50,33 ± 0,93 ^b	37,63 ± 0,65 ^c
	80°C	4,67 ± 0,47 ^{d,e}	4,80 ± 0,13 ^{b,c}	8,38 ± 0,47 ^a	6,48 ± 0,02 ^d	74,00 ± 1,14 ^a	6,35 ± 1,70 ^e
Semilla	40°C	54,67 ± 1,25 ^b	2,17 ± 0,24 ^d	4,88 ± 0,15 ^b	6,20 ± 0,01 ^e	4,75 ± 0,39 ^e	82,00 ± 0,28 ^a
	80°C	8,00 ± 0,82 ^d	2,39 ± 0,06 ^d	5,24 ± 0,03 ^b	19,98 ± 0,06 ^b	7,91 ± 0,20 ^d	64,47 ± 0,14 ^b

Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Las letras diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las muestras.

Las muestras de hojas secadas a 40°C y 80°C presentaron el contenido alto de cenizas con 9,50g/100g y 5,48g/100g respectivamente. Los resultados muestran que el bajo contenido de humedad influye en una mayor concentración de minerales en las hojas del pacay (*Inga feuilleei*). Valverde et al. (2007) sugirieron que la pérdida de contenido mineral podría estar relacionada con el alto porcentaje de humedad, ya que esto reduce la eficiencia de la combustión y esto se debe a que una gran parte de calor liberado se usa para evaporar el agua y no se beneficia en la reducción química del material. Se debe considerar las características del suelo de cultivo, aplicación de fertilizantes, superficie de las raíces y capacidad para absorción de minerales (Taiz & Zeiger, 2006). Khan et al. (2012) señalan que por lo general las plantas absorben los minerales del medio y los distribuyen a todas las partes de la planta según sea necesario, y se evidencia que los minerales se concentraron más en las hojas.

Sobre el contenido de lípidos las semillas contienen menor concentración en ambos tratamientos, sin embargo, las muestras de las hojas tienen una mayor concentración con valores de 8,08 g/100g a 40°C y 8,54 g/100g a 80°C. Ibáñez (1998) indica que el contenido lipídico puede ser más bajo debido a la desnaturalización, cabe resaltar que existen escasos estudios de esta variedad para comparar resultados del contenido lipídico.

Las hojas secadas a 40°C presentaron 7,91g/100g y a 80°C un 20,82g/100g de contenido proteico, asimismo en las semillas se obtuvieron resultados similares de 6,20g/100g a 19,98g/100g. Bressani (2006) reportó datos similares en las hojas y semillas de pacay de la variedad *Inga jinicuil* con 20,53g/100g y 17,89g/100g respectivamente. Se observó un alto contenido de fibra en la cáscara de pacay secadas a 40°C con

50,33g/100g, y a 80°C se obtuvo un valor de 74,00g/100g. Bressani (2006) informó que a mayor temperatura mayor es el contenido de fibra cruda en muestras de variedad *Inga jinicuil*. Las semillas secadas a 40°C y 80°C presentaron mayor contenido de carbohidratos con 82,00 g/100g y 64,47 g/100g, respectivamente. Hubo una disminución de 31,28 g/100g en carbohidratos de la cáscara secada a 80°C en comparación con 40°C.

3.2. Análisis Físicoquímico

La tabla 2 presenta los valores de pH, la cáscara secada a 40°C y 80°C contiene mayor pH que todos los tratamientos con 6,75 y 5,78. Jinap y Thien (1994) indicaron que a temperaturas bajas el pH se mantiene constante. En cuanto a la acidez las hojas secadas a 40°C contienen mayor acidez con 0,29%, no obstante, las semillas secadas a 80°C contienen mayor acidez que los otros tratamientos con 1,12%. Los resultados indican que la semilla fue el tratamiento más sensible a la temperatura de secado, en lo cual se observó una variación de 0,92% de acidez. Lobit et al. (2002) indican que al pH de la fruta, cada uno de los ácidos de la fruta está parcialmente dissociado. Por ello, los resultados obtenidos en todos los tratamientos están relacionados ya que cuando el pH aumenta la acidez tiende a disminuir.

Tabla 2. Análisis físicoquímico de pacay

Muestras	pH	Acidez Titulable (%)
Hojas	40°C	6,60 ± 0,12 ^a
	80°C	5,50 ± 0,18 ^b
Cáscara	40°C	0,29 ± 0,02 ^d
	80°C	0,52 ± 0,03 ^b
Semilla	40°C	6,75 ± 0,21 ^a
	80°C	5,78 ± 0,12 ^b
Semilla	40°C	0,07 ± 0,01 ^f
	80°C	0,42 ± 0,01 ^c
Semilla	40°C	6,60 ± 0,18 ^a
	80°C	5,77 ± 0,07 ^b
Semilla	40°C	0,20 ± 0,01 ^e
	80°C	1,12 ± 0,01 ^a

Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Las letras diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las muestras.

3.3. Fenoles Totales (FT) y Capacidad Antioxidante por ABTS

La tabla 3 presenta el contenido de fenoles totales para todas las muestras de pacay (*Inga feuilleei*), las hojas secadas a 40°C y 80°C mostraron un mayor contenido de FT de 629,39 y 889,62 mg/100g, respectivamente, se observó una variación de 260,23 mg/100g de FT en las hojas secadas en ambos tratamientos. Pinelo et al. (2005) mencionan que aumenta la concentración de FT con altas temperaturas, sin embargo, difieren Silva et al. (2007) indicando que algunas familias de flavonoides son termolábiles y por ello se debe extraer hasta un máximo de 60°C. Sanzovo et al. (2019) en la variedad *Inga laurina* identificaron algunos FT tales como el flavonoide *miricetina-3-O-(200-O-galoil)-a-ramnopiranosido* y *miricetina-3-ramnósido* presente ampliamente en muchas especies de *Inga*, además en esa investigación ambos compuestos presentaron una poderosa acción quimioprotectora demostrando su poder antígenotóxico. Lima et al. (2020), quienes emplearon una estrategia de desreplicación utilizando Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-SPE-TT), y Cromatografía líquida de alta eficiencia en fase reversa con detector de arreglo de diodos (RP-HPLC-PDA) y Espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), obtuvieron como resultado la identificación de 16 compuestos del extracto de las hojas de *Inga edulis*, incluyendo 4 triterpenos (*lupeol*, *a-amirina*, *ácido olean-18-eno* y *fridelina*), 3 flavonoides, 8 ácidos fenólicos, 1 antocianina derivada de la delfinidina-3-glicósido y una mezcla de 5 antocianinas aciladas. Souza et al. (2007) encontraron de las hojas de *Inga edulis* en extractos metanólicos *flavan-3-ols* (*p*) - *catequina* y (-) - *epicatequina* polifenoles con capacidad captadora de radicales libres. La concentración de compuestos fenólicos varía dependiendo de diversos factores externos tal como lo detalla

Gobbo et al. (2007) quienes observaron que las hojas de las especies de *Inga* que crecen a mayor altitud tienen mayor cantidad de fenoles que las que crecen a baja altitud. Esta correlación positiva entre la fuerza de la luz solar y la producción de compuestos fenólicos puede explicarse, principalmente, por la protección contra la fotodestrucción que proporcionan estos metabolitos al absorber y/o disipar la energía solar, dificultando así el daño de los tejidos más internos por la radiación UV-B.

Los resultados de la capacidad antioxidante por ABTS mostraron un incremento estadísticamente significativo entre cada tratamiento y tipo de muestra, sin embargo, las hojas presentaron mayor capacidad antioxidante de 608452,47 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ y 743946,67 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, para los tratamientos de 40°C y 80°C respectivamente, se observó una variación de 135494,2 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$. Pompeu (2012) reporta una alta actividad antioxidante de 1422 μmol de Trolox/100g en hojas de pacay de la variedad *Inga edulis*. Esparza et al. (2016) explican que cuando la temperatura de secado se incrementa (60°C, 90°C y 120 °C) la capacidad antioxidante crece considerablemente hasta un 41%.

Es común relacionar la presencia de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en los alimento de forma proporcional, no obstante, no siempre se puede cuantificar la actividad antioxidante de todos los compuestos fenólicos presentes en una muestra, tal como lo demostraron Dias et al. (2010) en el extracto de hojas de la variedad *Inga edulis*, quienes identificaron unos pocos compuestos con alta actividad antioxidante, es decir, el ácido gálico, la procianidina B1, la catequina, la procianidina B2, la epicatequina, la miricetina-3-O- α -L-ramnospiranosídeo, la quercetina-3-O- α -L-ramnospiranosídeo, que representaban sólo el 10% de la capacidad antioxidante/contenido fenólico total.

Tabla 3. Determinación fisicoquímica, fenoles totales y actividad antioxidante

Muestras		FT (exp. mg de ácido gálico Equival/100g de muestra)	ABTS (exp. μmol de Trolox Equival/100g de muestra)
Hojas	40°C	629,39 \pm 0,01 ^b	608452,47 \pm 4881,71 ^b
	80°C	889,62 \pm 0,02 ^a	743946,67 \pm 488,47 ^a
Cáscara	40°C	519,91 \pm 0,01 ^c	484311,80 \pm 975,55 ^c
	80°C	449,69 \pm 0,00 ^d	452479,20 \pm 0,00 ^d
Semilla	40°C	334,38 \pm 0,02 ^f	328026,80 \pm 487,69 ^f
	80°C	379,60 \pm 0,01 ^e	351578,20 \pm 1952,57 ^e

Los valores están expresados en promedio \pm DE (n=2). Las letras diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las muestras.

4. Conclusión

Esta investigación aporta nueva información sobre el efecto de la temperatura en los cambios proximales, fisicoquímicos y antioxidante de una variedad poco estudiada del Pacay el “*Inga feuillei*”. De los nutrientes presentes en las hojas y semillas secadas en 40°C y 80°C destacó la proteína, debido a que la temperatura favoreció a su concentración. Las hojas de ambos tratamientos presentaron mayor concentración de fenoles totales y actividad antioxidante, demostrando que su concentración aumenta con la aplicación de altas temperaturas. Por otra parte, se sugiere investigar los procesos de germinación en las semillas ya que otros estudios mencionan el incremento de proteínas y compuestos fenólicos. En la presente investigación se demostró el potencial que tiene el pacay de la variedad “*Inga feuillei*” como ingrediente base para formular nuevos productos nutritivos ricos en antioxidantes.

Referencias

- Aparicio, C. (2013). Taxonomía del género *Inga*, secciones *complanatae*, *Inga* y *Tetragonae* para Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Berrocal, I. J. (2019). Secado y formulación de una infusión a base de subproductos de granada (*Punica granatum*) y guanábana (*Anona muricata*), del valle de pachacamac, para la obtención de sus componentes funcionales y flavor. Universidad Nacional del Callao, Callao. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5117>
- Bravo, K., Alzate, F., & Osorio, E. (2016). Fruits of selected wild and cultivated Andean plants as sources of potential compounds with antioxidant and anti-aging activity Original. *Crops and Products*, 85, 341-352. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.074>
- Bressani, R. (2010). Valoración química nutricional de la harina de semilla de diferentes especies de *Inga* (*I. jinicuil*, *I. laurina*, *I. vera*). Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22(2), 5-14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009001.pdf>
- Deza, C. (2019). Contenido de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de *Inga edulis* “Guava” y *Pouteria sapota* “Zapote”. Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Nutrición, Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36218>
- Dias, A. S., Souza, J. N., & Rogez, H. (2010). Purificación de compuestos fenólicos de hojas de *Inga edulis* mediante extracción en fase sólida: cuantificación de compuestos principales y evaluación de la capacidad antioxidante. *Química Nova*, 38-42. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181643224027>
- Esparza, F. J., Miranda, R., & Guzmán, S. (2016). Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en el residuo de la producción de jugo de mandarina (*Citrus reticulata* Satsuma). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 843-850. Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/9/146.pdf>
- Falcao, M., & Clement, C. R. (2000). Phenology and productivity of *Inga edulis* in central Amazonia. *Acta Amazonica*, 30(2), 173-180. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-43922000302180>
- Gobbo, L., & Lopes, N. (2007). Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, 30(2), 374-381. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>
- Gutierrez, J. J. (2012). Estudio Investigativo de la guaba y sus propuestas gastronómicas. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11671/1/48062_1.pdf
- Ibáñez, M. J. (1998). Obtención de ácido eicosanpentaenoico a partir de la microalga *Phaeodactylum Tricornutum*. Tesis doctoral, Universidad de Almería, Almería. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=222762>
- Khan, A., Biswas, A., Saha, A., & Motalib, M. (2012). Propiedades del suelo de la colina Lalmai, Shalban Bihar y la colina Nilachal del gran distrito de Comilla y su idoneidad para la plantación de té. *Revista de té de Bangladesh*, 17-26. doi:10.3329/dujbs.v30i2.54658

- Koptur, S. (1985). Alternative Defenses against Herbivores in Inga (Fabaceae: Mimosoideae) over an Elevational Gradient. *Ecology*, 66(5), 1639-1650. doi: <https://doi.org/10.2307/1938026>
- Lawrence, A. (1993). *Inga edulis*: un árbol para suelos ácidos en trópicos húmedos. Royal Botanic Gardens.
- León, J., Reynel, C., & Pennington, T. (2016). Agroforestería y recuperación de áreas degradadas con árboles de inga (paca, guaba) en el valle de Chanchamayo, dp. Junín (Perú). Chanchamayo.
- Lima, N. M., Andrade, T. J., & Silva, D. H. (2021). Dereplication of terpenes and phenolic compounds from *Inga edulis* extracts using HPLC-SPE-TT, RP-HPLC-PDA and NMR spectroscopy. *Natural Product Research*, 36(1), 488-492. doi:<https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1786824>
- Lobit, P., Soing, P., Génard, M., & Habib, R. (2002). Theoretical Analysis of relationships between composition, pH, and titratable acidity of peach fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 25(12), 2775-2792. doi:<https://doi.org/10.1081/PLN-120015538>
- Moreira, E. M., Montesdeoca, R. R., Mendoza, N. E., Vera, J. B., & Piloso, K. J. (2021). Evaluación de la calidad de una mermelada de piña (*Ananas sativus*) con adición de fibra dietética obtenida de subproductos de frutas. *Axioma*(25), 24-31. doi:<https://doi.org/10.26621/ra.v1i25.718>
- Mostacero, J., Mejía, F., Gastañadui, D., & Cruz, J. (2017). Inventario taxonómico, fitogeográfico y etnobotánico de frutales nativos del norte del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 83(3), 215-224. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.04>
- Nielsen, S. (2017). *Food Analysis* (Fifth ed.). Indiana: Springer: West Lafayette.
- Pennington, T. (1997). *The genus Inga*: Botany. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., & Núñez, M. (2005). Effect of Solvent, Temperature, and Solvent-to-Solid Ratio on the Total Phenolic Content and Antiradical Activity of Extracts from Different Components of Grape Pomace. *Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2111-2117. doi:<https://doi.org/10.1021/jf0488110>
- Pompeu, D. R., Rogez, H., Monteiro, K. M., Tinti, S. V., & Carvalho, J. E. (2012). Capacidade antioxidante e triagem farmacológica de extratos brutos de folhas de *Byrsonima crassifolia* e de *Inga edulis*. *Acta Amazônica*, 42(1), 165-172. doi:<https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100019>
- Possette, R. F., & Rodrigues, W. (2010). O gênero *Inga* Miller (Leguminosae-Mimosoideae) no estado do Paraná. *Acta Botanica Brasilica*, 24(2), 354-368. doi:<https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000200006>
- Rezende, E., Patto, C., Silva, K., Oliveira, V., & Martins, R. (2015). Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions. *Revista Ciência Agronômica*, 46(1), 163-169. doi:<https://doi.org/10.1590/S1806-66902015000100019>
- Sanjinés, A., Øllgaard, B., & Balslev, H. (2006). *Frutos comestibles*.
- Sanzovo, T., Lima, N., Marqui, S., Andrade, T., Navegante, G., Serafim, R., . . . Soares, C. (2021). Chemoprevention assessment, genotoxicity and cytotoxicity of flavonoids from *Inga laurina* leaves (FABACEAE). *Natural Product Research*, 35(18), 3089-3094. doi:<https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1682574>

- Silva, E., Rogez, H., & Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, 55(3), 381-387. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.01.008>
- Silva, E., Silva, J., Pena, R., & Rogez, H. (2011). A combined approach to optimize the drying process of flavonoid-rich leaves (*Inga edulis*) using experimental design and mathematical modelling. *Food and Bioprocess Technology*, 89(1), 39-46. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.004>
- Silva, M., Huayama, P., & Izquierdo, M. (2015). Elaboración de bebida alcohólica de *Inga feuilleei* "guaba" suplementado con panela y fermentado con *Saccharomyces cerevisiae*. *Conocimiento para el desarrollo*, 6(2), 89-96.
- Souza, J., Silva, E. M., Silva, M., Arruda, M., Larondelle, Y., & Rogez, H. (2007). Identification and antioxidant activity of several flavonoids of *Inga edulis* leaves. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(6), 1276-1280. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000600025>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. I). (U. J. I., Ed.) Castellón de la Plana.
- Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia Et Technica*, 13(37), 255-260.
- Vásquez, A., & Villacorta, S. (2022). Efecto antiinflamatorio y analgésico del extracto etanólico de la cáscara *Inga feuilleei* DC. "pacay" en ratones. Universidad Norbert Wiener, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima.