



Scientia Agropecuaria

Web page: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Universidad Nacional de
Trujillo



REVIEW

Utilization of *Passiflora tripartita* fruit residues

Aprovechamiento de los residuos del fruto de *Passiflora tripartita*

Diana Rojas Romani¹ * ; María Rosario Calixto-Cotos¹ ; Fernando Suca Apaza¹

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Química e Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Venezuela S/N, Lima, Peru.

* Corresponding author: diana.rojas5@unmsm.edu.pe (D. Rojas Romani).

Received: 9 February 2021. Accepted: 19 July 2021. Published: 20 August 2021.

Abstract

The seed and peel of the *Passiflora tripartita* fruit, have compounds of great importance that could be used by the agroindustry, pharmaceutical industry and medicine. This review article collects information on phenolic compounds, dietary fibers, and essential oils that fruit fractions have. The pulp of this fruit is intended for the preparation of antioxidant and additive functional beverages. The reports mention that the seeds have a high amount of polyunsaturated fatty acids, phenolic, and terpenes, and suggest being used in the form of nanoemulsions and as antimicrobials. Also, the terpenes in the essential oil of the seed have been linked to the treatment of colon cancer. Regarding the use of the peel, many species of the same genus are investigated for their antioxidant capacity, pectin content, dietary fiber and antimicrobial activity, having potential uses as antioxidant additives, enzymatic substrates, such as toothpaste, soaps, creams, and ingredient of animal feed.

Keywords: *Passiflora tripartita*; banana passion fruit; peel; seed; antioxidant activity; waste management.

Resumen

Las semillas y cáscara del fruto de *Passiflora tripartita*, poseen compuestos de gran importancia que podrían ser aprovechados por la agroindustria, industria farmacéutica y medicina. Este artículo de revisión recopila información sobre los compuestos fenólicos, fibra dietaria, aceites esenciales que poseen las fracciones de los frutos. La pulpa de este fruto es destinada para la preparación de bebidas funcionales antioxidantes y aditivos. Los reportes mencionan que las semillas poseen elevada cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, fenólicos, y terpenos, y sugieren ser utilizado en forma de nanoemulsiones y como antimicrobianos. Asimismo, los terpenos en el aceite esencial de la semilla se han relacionado para el tratamiento de cáncer de colon. En cuanto al aprovechamiento de la cáscara, muchas especies del mismo género son investigadas por su capacidad antioxidante, contenido de pectina, fibra dietaria y actividad antimicrobiana teniendo potenciales usos como aditivos antioxidantes, sustratos enzimáticos, como pasta dental, jabones, cremas, e ingrediente de piensos para animales.

Palabras clave: *Passiflora tripartita*; cáscara; semilla; actividad antioxidante; aprovechamiento de residuos.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.049>

Cite this article:

Rojas Romani, D., Calixto-Cotos, M. R., & Suca Apaza, F. (2021). Aprovechamiento de los residuos del fruto de *Passiflora tripartita*. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 445-453.

1. Introducción

Los frutos de la familia Passifloraceae se caracterizan por presentar alto porcentaje en peso de cáscara y semillas por lo que estos son generados en grandes cantidades y no son valorados comercialmente (Martins et al., 2018). Los porcentajes de cada componente del fruto de *Passiflora tripartita* se muestra en la Figura 1.A; entre semillas y cáscaras suman hasta el 41% del peso total del fruto que suelen desperdiciarse al producir productos

como jugos, mermeladas, pulpas congeladas y otros. Aparte de ello, por el requerimiento del zumo de la pulpa se puede llegar a desechar hasta un 68% (Calderón et al., 2019) de componentes del fruto; entre los cuales se encontrarían las membranas residuales de endocarpio, cáscara y semillas (Contreras-Calderón et al., 2011).

El tumbo serrano "*Passiflora tripartita* var. *mollissima*" es originario de los valles interandinos y su extensión abarca desde México hasta Bolivia. Países como Colombia y

Ecuador son los más reconocidos por comprender un mayor desarrollo del cultivo de esta especie y sus variedades; sin embargo, países de Sudamérica cuentan con este cultivo. Por su alta capacidad de adaptación para reproducirse es encontrado también en países como Nueva Zelanda (Beavon & Kelly, 2014). Sin embargo, la calidad del fruto toma un papel fundamental por sus propiedades beneficiosas para la salud; por lo que la altitud sobre el nivel del mar a la cual es cultivada es determinante (Mayorga et al., 2020).

El fruto del "tumbo serrano" comprende un alto contenido de polifenoles en el orden mostrado en la Figura 1.B; sin embargo, su comercialización es precaria en los Andes debido a que la producción se da en huertos domésticos. Esto complica su aprovechamiento debido a la deficiente gestión de residuos como la cáscara, que genera problemas sanitarios con posible proliferación de microorganismos (Huamani, 2016). Domínguez-Rodríguez et al. (2019) investigaron la presencia de polifenoles en la cáscara de estos frutos y sostuvieron que la *Passiflora tripartita* var. *mollissima* y *P. edulis* cuenta con alta capacidad antioxidante debido a su composición rica en polifenoles. Además, autores como Martins et al. (2018) y Silva et al. (2019) utilizaron la cáscara de *P. edulis* como sustratos para la producción de enzimas de importancia industrial; mientras que autores como Goss et al. (2018), Marques et al. (2016) y De Faveri et al. (2020) utilizaron la harina de la cáscara de *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* como compuestos de importancia vital para regular los cambios metabólicos que afectan la salud. Por ello, en los residuos de *Passiflora tripartita* se puede encontrar estos beneficios a través de la elaboración de diversos productos agroindustriales, farmacéuticos y energéticos. En la zona andina del Perú existe una importante población rural que cuenta con huertos de *P. tripartita*; cuya producción es destinada a los mercados locales y para autoconsumo. Es decir, no se tiene un destino específico para aprovechar estos residuos; países como Colombia y Ecuador se producen diversos productos a base de la pulpa de este fruto, sin embargo, tampoco existe un óptimo aprovechamiento de los residuos generados. Por tal razón, esta revisión busca brindar información científica necesaria para promover nuevas alternativas sustentables para el mejor aprovechamiento agroindustrial y económico de todos los componentes del tumbo serrano, en particular, de la cáscara y semillas. Esto mediante el presente artículo el cual recopila información sobre los componentes fitoquímicos, metabolitos bioquímicos, uso potencial y funcional que posee tanto la cáscara y las semillas de *P. tripartita* para su aprovechamiento en diversas industrias.

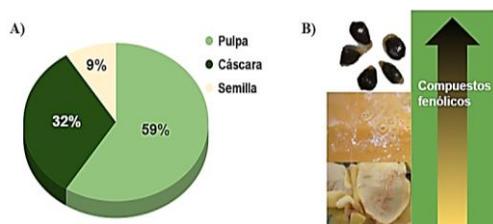


Figura 1. (A) Proporción de los componentes del fruto de *Passiflora tripartita* y (B) total de contenido de polifenoles en semillas, pulpa y cáscara de acuerdo con Loizzo et al. (2019).

2. *Passiflora tripartita*

Las especies de este fruto son diversas, dentro de las cuales encontramos a la *Passiflora tripartita* variedad *mollissima* el cual se ha popularizado como *P. mollissima*.

En la Figura 1.A se observa la proporción de cada componente del fruto en el que se destaca el porcentaje de semilla y cáscara que contiene. Martin et al. (2018) explican tres especies de *Tacsonia* como son la *P. tarminiana*, *P. mixta* y *P. tripartita* var. *mollissima* de los cuales este último es el más estudiado y reconocido.

Este fruto también conocido como "curuba de Castilla", es una de las especies nativas del sur de los Andes (Conde-Martínez et al., 2014). Este fruto es de fácil propagación y adaptación en distintos pisos altitudinales por lo que se encuentran en diversas zonas de América del Sur y en algunos bosques de Nueva Zelanda (Beavon & Kelly, 2014). Puede ser cosechado en varias alturas, sin embargo, Mayorga et al. (2020) comprobaron que a 2498 msnm las características fisicoquímicas son mejores que a 2006 msnm lo cual implica una mejor calidad del fruto. Este fruto se expandió en países como Colombia y Ecuador y fue catalogado como la especie que cuenta con las mejores características organolépticas respecto a otras passifloras comestibles (Primot et al., 2005).

El tumbo serrano es un fruto muy percedero a temperatura ambiente por lo que Huamani (2016) propone su almacenamiento a 2 °C con una humedad relativa de 95% cuyos parámetros permiten una menor pérdida de peso y contenido de agua lo cual a su vez indicaría la conservación de las propiedades del fruto.

2.1 Contenido y Análisis proximal

Los aromas de la pulpa fruto de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* se debe a su contenido de ésteres, terpenos y algunos compuestos de azufre (Conde-Martínez et al., 2014). De acuerdo con Loizzo et al. (2019), este fruto posee alto contenido de polifenoles en la proporción que se señala en la Figura 1B; siendo las semillas donde se encuentra una mayor cantidad de estos compuestos de los cuales resalta la (-)-epicatequina.

La Tabla 1 muestra el análisis proximal de la pulpa y las semillas por separado. Se observa que las semillas tienen un mayor porcentaje de lípidos, proteínas, fibra y extracto libre de nitrógeno que la pulpa; a pesar de esto, se conoce que el porcentaje de semillas es de 7% (Camavilca & Gamarra, 2019), un porcentaje muy inferior al de la pulpa, por lo que, para un mayor requerimiento de macromoléculas en las semillas, se necesita mayor cantidad de estas.

Tabla 1

Análisis proximal de la pulpa y semillas de *P. tripartita*

Análisis	Contenido (%)	
	Pulpa	Semillas
	Encina-Zelada & Carpio-Rivadeneira (2011)	
	Curasma Poma & Inga Solano (2019)	
Humedad	87,32 ± 1,84	9,12
Cenizas	0,88 ± 0,03	1,45
Lípidos	0,03 ± 0,00	15,45
Proteína total	0,92 ± 0,08	10,56
Fibra	0,93 ± 0,09	38,86
Extracto libre de nitrógeno	9,92 ± 0,52	24,54

3. Pulpa de *Passiflora tripartita*: Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y aplicaciones

3.1 Contenido de polifenoles

La pulpa del tumbo, taxo o curuba ha sido objeto de estudio principalmente por su gran capacidad antioxidante y contenido de polifenoles.

Mediante la **Tabla 2** se explica la diferencia del contenido de polifenoles encontrados en diversos estudios, por ejemplo, **Zapata et al. (2015)** hallaron un mayor valor de contenido de polifenoles (5012,8 mg de ácido gálico/100g de peso seco) los cuales no son debido a la variedad; según los autores, esta medición fue sesgada debido a la respuesta que tiene el método usado frente al contenido de azúcares reductores. Además, se puede notar la diferencia existente entre el contenido de polifenoles de las variedades de Ecuador (**Giambanelli et al., 2020**) y Perú (**Ruiz et al., 2018**); la variedad ecuatoriana contiene 2356 mientras que la variedad peruana obtuvo un valor de 1723, ambos medidos en mg de ácido gálico/ 100 g de peso en seco. Esto se explica porque **Giambanelli et al. (2020)** realizaron dos evaluaciones de compuestos fenólicos: libres y ligados; los compuestos fenólicos ligados fueron obtenidos mediante una extracción alcalina obteniendo un valor de 878 mg de ácido gálico/ 100 g de peso en seco, mientras que los compuestos fenólicos libres fueron obtenidos mediante una extracción asistida por ultrasonido concluyendo que los compuestos fenólicos libres (62,3%) son más abundantes que los compuestos fenólicos ligados (33,7%). El menor contenido de compuestos fenólicos sobre los libres se da también en otros frutos como por ejemplo los del género Citrus (**Alu'Datt et al., 2017**) y esta diferencia es debido al proceso posterior de hidrólisis alcalina realizado en los residuos que se generan al extraer los compuestos fenólicos libres. Así también, se precisa que la extracción de los compuestos fenólicos ligados puede ser optimizada al utilizar la hidrólisis alcalina junto a una extracción asistida por ultrasonido (**Guerrini et al., 2020**) que favorece la respuesta de extracción de polifenoles totales. La variedad o calidad del fruto también podrían afectar la composición del fruto, en *P. tripartita* var. mollisima, adquiridos en un mercado local de España, se obtuvo un total de contenido fenólico alrededor de 223,34 mg de ácido gálico equivalente / 100g de peso fresco (**Baldeón et al., 2015**) mientras que la misma variedad de fruto, originaria de Apurímac- Perú, obtuvo un valor alrededor de 614,67 mg de ácido gálico equivalente / 100g de peso seco (**Coral-Caycho et al., 2020**). En la *Passiflora mollisima* Bailey originaria de Colombia se encontró 469,01 mg de ácido gálico equivalente/100g de peso fresco (**Chaparro-Rojas et al., 2014**).

3.2 Capacidad antioxidante

Autores como **Ruiz et al. (2018)** y **Simirgiotis et al. (2013)** encontraron, en *P. tripartita*, valores de IC₅₀ menores a 50 ug/uL (**Tabla 2**) lo cual, indicaría que este fruto tiene un alto poder antioxidante. La **Tabla 2** muestra la capacidad antioxidante de la pulpa del fruto, los cuales son valores cercanos tanto para los estudios realizados por **Giambanelli et al. (2020)** como por **Zapata et al. (2015)**.

Además, **Giambanelli et al. (2020)** analizaron la capacidad antioxidante por el método DPPH y concluyeron que los valores para compuestos fenólicos libres fueron más altos (587 umol/g en peso seco) que los encontrados en los compuestos fenólicos ligados.

Mediante mediciones de voltamperometría de pulsos, **Baldeón et al. (2015)** evaluaron la capacidad antioxidante del jugo del fruto de *P. tripartita* var mollisima y obtuvieron un valor de 106,02 mM de ácido ascórbico equivalente lo cual, al compararlo con su método DPPH, resultó ser similar por lo que esta técnica de medición resultó ser adecuada.

Tabla 2

Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de variedades de *P. tripartita*

Autor	Variedad	Contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/100g de peso seco)	Capacidad antioxidante por DPPH
Giambanelli et al. (2020)	L.H. Bailey	2356	587*
Ruiz et al. (2018)	mollisima	1723 ± 70***	10,53**
Zapata et al. (2015)	bailey	5012,8	500-700*
Simirgiotis et al. (2013)	breiter	-	12,89 ± 0,2**

(*) Medidos como capacidad antioxidante equivalente al Trolox (TEAC) en umol TE/g en peso seco. (**) Concentración inhibitoria (IC₅₀) en ug/uL. (***) Expresado en mg de ácido tánico/ 100g de muestra seca.

3.3 Otros compuestos de importancia

Además del efecto antioxidante relacionado a los polifenoles, la *Passiflora tripartita* es caracterizada por su contenido de ácido ascórbico y carotenoides. Cuenta con alto contenido de ácido ascórbico (66,59) (**Baldeón et al., 2015**) superando a la pulpa de *Passiflora edulis* Sims con 26,42 (**Barbosa et al., 2021**) y por debajo de la pulpa de *Myrciaria dubia* el cual contiene 1092,85 (**Baldeón et al., 2015**); con todos los valores medidos en mg/100g de peso fresco.

Los carotenoides totales son medidos en función de los β-carotenos y su contenido varía según factores como la variedad, clima, lugar de procedencia, entre otros (**Juscamaíta-Fabián et al., 2017**). Así, **Cárdenas & Huamán (2015)** y **Encina-Zelada & Carpio-Rivadeneira (2011)** evaluaron el contenido de carotenoides totales (mg/100g) en la pulpa del fruto *Passiflora tripartita* procedentes de Perú y hallaron 2,82 mg/100g y 1,83 mg/100g, respectivamente; mientras que **Chaparro-Rojas et al. (2014)** hallaron 16,90 mg/100 g en frutos originarios de Colombia.

3.4 Usos y conservación de la pulpa

Las propiedades nutricionales y antioxidantes de las pasifloras son valiosos para el ser humano debido a su gran aporte en la prevención de enfermedades y en la reducción del estrés oxidativo (**Septembre-Malaterre et**

al., 2016); este se relaciona cada vez más a enfermedades crónicas que podrían ser evitadas con el consumo de alimentos con alto contenido de antioxidantes cuya función es de proteger el organismo contra el daño celular y el desarrollo de enfermedades crónicas (Muñoz-Jáuregui et al., 2014). Debido a ello, el extracto de la pulpa de *P. tripartita* representa una propuesta biotecnológicamente innovadora para la elaboración y comercialización de bebidas funcionales que retardan el proceso oxidativo (Sánchez et al., 2013). El uso del extracto acuoso de *Passiflora tripartita* también podría ser utilizado como parte del tratamiento de diabetes tipo II por su alto contenido de polifenoles que tienen efecto en la inhibición de enzimas como la α -amilasa y α -glucosidasa (Coral-Caycho et al., 2020).

Otra de las propiedades de este fruto es la presencia de compuestos aromáticos en el perfil olfativo de su aroma (Conde, 2013) porque podrían aplicarse en tratamientos terapéuticos. Sin embargo, el proceso de transformación podría significar un riesgo en la disminución de contenido de compuestos bioactivos (Valencia-Sulca & Guevara-Pérez, 2013) por lo que la realización de procesos de conservación, como el secado por aspersión o la encapsulación de la pulpa, son de gran utilidad. En ese sentido, Troya et al. (2018) estabilizaron el contenido total de carotenoides de la pulpa de *P. mollisima* al encapsularlas con maltodextrina y goma arábiga logrando así justificar su uso como ingrediente en bebidas funcionales.

Zapata et al. (2015) demostraron que su reducción, luego de un secado por aspersión, fue de 22,7, 15,8 y 17,9% al utilizar las técnicas DPPH, ABT y ORAC respectivamente. Según lo analizado por García-Ruiz et al. (2017), la pérdida de la capacidad antioxidante medida por DPPH y ORAC no sería significativa cuando la microencapsulación se da después del secado por aspersión.

Del mismo modo, Gil et al. (2014) lograron la microencapsulación de la pulpa de *P. tripartita* demostrando la conservación de su capacidad antioxidante durante 31,5 y 28 semanas al utilizar maltodextrina al 100% y una mezcla de maltodextrina y almidón modificado en una proporción de 1/4:3/4, respectivamente.

4. Semilla de *Passiflora tripartita*: caracterización y usos potenciales

4.1 Caracterización de la semilla

Las semillas de *Passiflora mollisima* cuentan con una considerable cantidad de metabolitos secundarios como flavonoides y abundantes oligómeros de proantocianidinas; además, presenta un contenido fenólico de 29,99 mg/g, contenido de fenoles totales de 0,94 mg/g y capacidad antioxidante de 6,94 mM trolox/g (Ballesteros-Vivas et al., 2019).

El contenido fenólico hallado por Ballesteros-Vivas et al. (2019) es casi dos veces más que lo obtenido por Yepes et al. (2021) en las semillas de *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims (0,32 \pm 0,04 g GA/g); así también, se aproxima a lo hallado por López-Vargas et al. (2013) en la pulpa y semillas de *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* (0,98 mg de GAE/g de extracto). Es probable que el contenido de fenoles en la pulpa haya incrementado el valor de este siendo así un valor similar a lo hallado en semillas de *P. mollisima*.

Otra característica resaltable de las passifloras es la presencia de ácidos grasos esenciales como los encontrados en *Passiflora edulis* Sims, los cuales fueron, el ácido linoleico y los ácidos poliinsaturados (Dos Santos et al., 2019). En efecto, en las semillas de *Passiflora tripartita* se encuentra un mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (77,7%) que en la pulpa o cáscara (Loizzo et al., 2019).

Así también, Ballesteros-Vivas et al. (2019) investigaron la composición lipídica de la semilla y notaron la presencia de varios ácidos grasos como el ácido nonanoico, ácido láurico, ácido pentadecanoico, palmítico ácido y otros; incluso la presencia de ácidos grasos poliinsaturados de gran valor como el ácido trans-palmitoleico, ácido (E/Z)-oleico, ácido ricinoleico, (E/Z)-ácido linoléico, -ácido linoléico, ácido (Z)-13-eicosenoico y eicosapentaenoico.

4.2 Uso potencial de las semillas

La utilización de las semillas de pasifloras como la *P. alata* Curtis es valorada debido a su composición de ácidos grasos caracterizadas por su alto grado de insaturación lo cual resulta beneficioso para utilizarlo como materia prima en industrias alimenticias, químicas y farmacéuticas (Pereira et al., 2017). En el caso de *P. mollisima*, Ballesteros-Vivas et al., (2019) encontraron variedades de ácidos grasos insaturados y poliinsaturados justificando su uso potencial en diversos campos como la medicina y alimentaria. Es así como el aceite de la semilla de *P. tripartita* var. *mollisima* fue usado por Hernández et al. (2018) para demostrar su uso potencial como ingrediente en nanoemulsiones debido a su alta estabilidad durante más de 7 días de almacenamiento; además, destacaron su bajo índice de saponificación, debido al alto peso molecular de los ácidos grasos presentes, en comparación con otras pasifloras.

Durante la producción de estos aceites a partir de las semillas de pasifloras se puede rescatar una considerable cantidad de ácidos grasos tal como lo hallaron Oliveira et al. (2016) en la torta desechada de la producción de aceite de semilla de *Passiflora edulis* encontrando en esta un gran potencial de presencia de ácidos grasos y compuestos fenólicos de interés caracterizados por su alta capacidad antioxidante y actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli* y *Listeria innocua*.

En cuanto a la presencia de fenoles contenidos en pasifloras; Sabogal-Palma et al. (2016) hallaron taninos, flavonoides, terpenos y antraquinonas en *P. maliformis*. Además de flavonoides, Ballesteros-Vivas et al. (2019) encontraron, en los extractos lipídicos de semillas de *P. mollisima*, terpenoides de gran importancia como el escualeno, tocoferol, derivados de colesterol, ergosterol, metil éter campesterol, estigmasterol y beta-sitosterol. Debido a su composición similar en flavonoides y derivados de terpenos en *P. mollisima*, Ballesteros-Vivas et al. (2020) estudiaron el efecto del extracto de semillas de este fruto en células HT-29 y CCD-18 del cáncer de colon comprobando su potencial antiproliferativo y considerándose así, su uso para efectos positivos en el control de este tipo de cáncer. Esto corrobora los estudios realizados por Chaparro-Rojas et al. (2015) en la pulpa de este fruto en el cual observaron un efecto positivo en el retraso del desarrollo del cáncer colorrectal.

Tabla 3

Estudios actuales de los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de *Passiflora tripartita* en sus componentes

Fuente	Componente	Ácido ascórbico	Contenido fenólico total	Capacidad antioxidante	Compuestos fenólicos	Otros compuestos
Baldeón et al. (2015)	pulpa	66,59 ± 1,86 mg/100 g peso fresco	223,34 ± 747,69 Eq. Gallic (mg/100 g peso fresco)	106,02 Eq. Ácido ascórbico (mg/100 g de peso fresco)	No evaluados	No evaluados
Giambanelli et al. (2020)	pulpa	No evaluados	2356 mg/g de peso en seco	587 µmol Trolox equivalent (TE)/g de muestra seca	flavan-3-oles, flavonoles y derivados de flavonas, fenólicos ácidos y derivados.	Ácidos orgánicos, benzofenonas
Loizzo et al. (2019)	pulpa	No evaluados	383,3 mg/kg de extracto etanólico	IC ₅₀ : 3,8 µg/mL	(+)- catequina, p-ácido cumárico, (-)-epicatequina, ácido ferúlico, polidatina, ácido sinápico, siringaldehído y ácido vanílico.	Ácidos grasos saturados y poliinsaturados
Ballesteros-Vivas et al. (2019)	semillas	No evaluados	29,99 mg/g de extracto seco	IC ₅₀ : 2,66 µg/mL	Ácidos fenólicos, flavonoles, flavanonas, derivados de flavonoides y abundante antocianidinas	Ácidos grasos (mayor cantidad de PUFAs), terpenoides (tocoferoles y fitoesteroles)
Domínguez-Rodríguez et al. (2019)	cáscara	No evaluados	10,56 ± 0,80 µg extracto/mL	30,19 ± 3,01 mg EAG/g de extracto liofilizado	Flavonas, flavonoles (miricitina y quercetina rutinósido), flavanoles (especial, (epi) catequina- (epi) galocatequina) y ácidos fenólicos (ácido elágico).	No evaluados

EAG: equivalente de ácido gálico; TE: Equivalente Trolox; PUFAs: ácidos grasos poliinsaturados.

5. Cáscara de *Passiflora tripartita*: caracterización y usos potenciales

5.1 Caracterización de la cáscara

La cáscara de este fruto conforma una fuente esencial de compuestos fenólicos (Medina et al., 2017), compuestos antibacterianos (Mayta-Tovalino et al., 2019), pectina (Ortiz & Anzola, 2018) y posibles fuentes de sustrato para la producción de enzimas como la xilanas y celulasa investigados por Martins et al. (2018) y Silva et al. (2019), respectivamente.

Un estudio demostró que la capacidad antioxidante de la cáscara de *Passiflora mollissima* es mayor al de otras especies del género *Passiflora*; por lo tanto, cuenta con alto contenido fenólico (Domínguez-Rodríguez et al., 2019). Variedades provenientes de Chile y de Colombia presentaron valores similares en cuanto a la capacidad antioxidante medido por DPPH los cuales resultaron de 10,41 µg/mL (Simirgiotis et al., 2013) y 10,56 ± 0,80 µg/mL (Domínguez-Rodríguez et al., 2019).

La identificación de flavonoides y otros compuestos también fueron estudiados; Medina et al. (2017) reportaron una cantidad significativa de fitoprostanos, oxilipinas y 14 compuestos fenólicos conformados por derivados del ácido cinamoilo, flavonoide-O-glucósido y flavonoides-C-glucósido. Además, Domínguez-Rodríguez et al. (2019) indicaron hallar dos posibles compuestos específicos como son la luteolina ramnosil-glucósido y el luteolin rutinósido.

Por otro lado, estos flavonoides presentaron capacidad antimicrobiana en contra de cepas como *Actinomyces*, *C. albicans*, *S. sanguinis*, y *S. oralis* (Mayta-Tovalino et al., 2019).

5.2 Uso potencial de la cáscara

La composición de las cáscaras de pasifloras, especialmente por su alto contenido de fibra dietaria y alta capacidad antioxidante (Goss et al., 2018; Domínguez-Rodríguez et al., 2019), contribuye a su valoración como aditivos alimentarios a bajo costo y con propiedades similares. Considerando esto y la composición química de las cáscaras de *P. tripartita*, se pueden destacar algunos de los posibles usos de estos residuos.

5.2.1 Usos para el aprovechamiento de la pectina

La pectina de la cáscara de este fruto fue investigada para su utilización en la industria alimentaria como parte de los ingredientes de productos alimentarios. Ortiz & Anzola (2018) elaboraron arepas cuya composición fue del 10 % de pectina de *P. tripartita* y destacaron su alto porcentaje de fibra dietaria y demás componentes que ayudaron a disminuir los niveles séricos de glucosa.

Bezerra et al. (2019) utilizaron el albedo de *P. edulis* Sims f. Flavicarpa para encapsular nanodispersiones de extracto de carotenoides de *Spirulina* spp; logrando así el 15 % de rendimiento de pectina el cual fue considerado como material polimérico cuyas estructuras fueron uniformes y de pequeñas dimensiones. Utilizando el endocarpio y epicarpio de *P. tripartita* var. *mollissima* se obtuvo un 9,7 % de rendimiento de pectina (Ortiz & Anzola, 2018), un porcentaje que está dentro de los obtenidos por Güzel y Akpınar (2019) al extraer la pectina a partir de cáscaras de melón, kiwi, granada, manzana y naranja con rendimientos de 8,03%, 6,54%, 6,13%, 13,30% y 11,46%, respectivamente. Sin embargo, de una muestra de cáscara de *P. tripartita* var. *mollissima* se obtuvo el 64% de

rendimiento de pectina extraída con ácido clorhídrico en caliente (Espinal-Ruiz et al., 2016); esta diferencia de rendimientos pudo ser debido a la especie, pH de extracción y procesos posteriores realizados por los investigadores.

5.2.2 Harina de la cáscara

La harina hecha a base de cáscaras de pasifloras como *P. edulis* resulta ser una alternativa eficaz como aditivo alimentario por contar con propiedades fisicoquímicas similares al de aditivos comerciales; este presenta casi el mismo poder emulsificante que las gomas comerciales y una mayor viscosidad respecto a la carragenina (Coelho et al., 2017). Investigadores como Abboud et al. (2019), De Faveri et al. (2020), Goss et al. (2018) y Marques et al. (2016) aprovecharon las propiedades de la cáscara de especies de este género para evaluar sus efectos en el metabolismo humano. Por otro lado, otras especies del género *Passiflora* destacaron por su uso en la industria de productos balanceados para animales, al sustituir *Cynodon spp.* por *P. edulis* f. *Flavicarpa* en la elaboración de piensos para cerdos, lo cual no afectó las características de la carne del animal y mejoró la proteína producida en el rumen, debido a la presencia de carbohidratos no fibrosos (Sena et al., 2015).

5.2.3 Usos debido a su potencial antimicrobiano

Debido a la composición de la cáscara de *P. tripartita*, como la de otras pasifloras ricas en polifenoles y compuestos con propiedades funcionales; este presenta una alta probabilidad de contar con actividad antimicrobiana. La presencia de pigmentos antocianicos y flavonoides incrementan la capacidad antioxidante y este, a su vez, permite una alta sensibilidad frente a cepas de bacterias (Grande-Tovar et al., 2020). Incluso, Mayta-Tovalino et al. (2019) formularon pastas dentales a base de extracto metanólico de la cáscara de *P. tripartita* donde se demostró que este cuenta con alta capacidad antimicrobiana frente a cepas como *S. sanguinis* y *S. oralis*.

Además, el incremento de la capacidad antioxidante se dio con el uso del ion fluoruro convirtiéndose así en un producto con similar y alta capacidad antimicrobiana respecto a pastas dentales comerciales.

La presencia de los flavonoides en la cáscara de los frutos es común (Huang et al., 2020) porque se destacan por actuar como agentes antimicrobianos (Liu et al., 2017) e incluso, en cáscara del mango, podría catalogarse agentes resistentes al frío (Sivankalyani et al., 2016) por lo que en la cáscara de *P. tripartita* se necesitan más estudios para conocer los tipos de flavonoides y sus efectos sobre los principales patógenos.

5.2.4 Sustrato para la producción de enzimas

Las investigaciones sobre los usos de la cáscara de *P. tripartita* en este ámbito no son todavía claras. Especies de este género resultan ser una excelente fuente barata y más efectiva para la producción de enzimas como la xilanas, producida mediante hongos como *Aspergillus flavus*, teniendo como sustrato a la cáscara de *Passiflora edulis* (Martins et al., 2018); esta cáscara también fue investigada para la producción de celulasa mediante *Aspergillus japonicus* lo cual hizo más efectivo la biodigestión anaeróbica en la producción del biogás (Silva et al., 2019).

6. Desafíos actuales y futuros

El aprovechamiento de los residuos de *Passiflora tripartita* en el Perú se da a nivel local mediante la producción de productos agroindustriales cuyos procesos desechan las semillas y cáscaras. Ambos residuos son una fuente rica de fenoles, ácido ascórbico, carotenoides, y, en especial los flavonoides las cuales tienen efectos favorables en el metabolismo humano. Siendo el Perú un país en vías de desarrollo, resulta difícil ubicarse dentro de una economía circular que beneficie tanto a los agricultores como al medio ambiente; sumado a ello, la necesidad de impulsar la investigación en este ámbito.

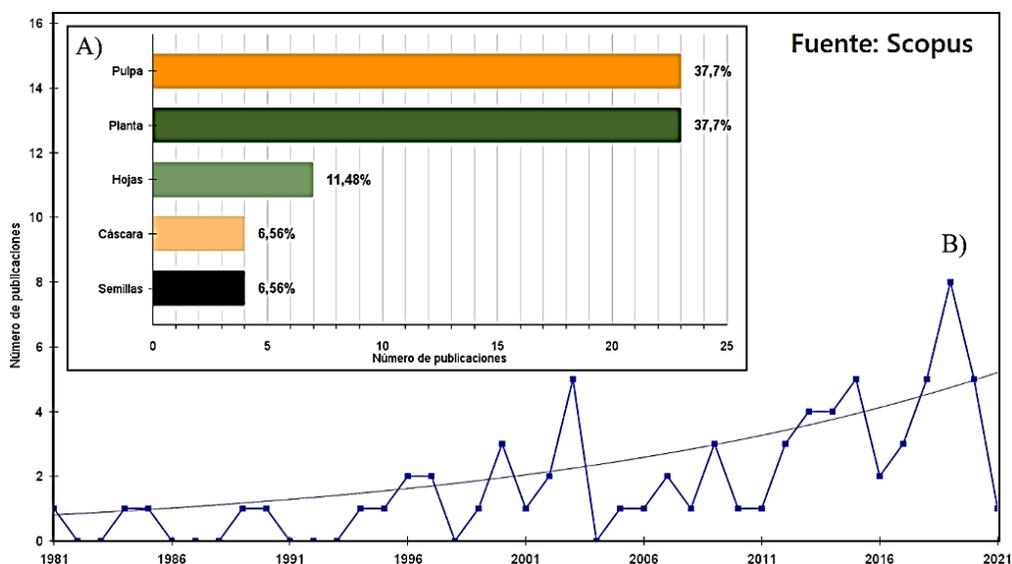


Figura 3. Publicaciones de artículos científicos sobre *Passiflora tripartita*, (A) Publicaciones de cada año en la base de datos Scopus (criterios de búsqueda: ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: "banana passion fruit" OR "*Passiflora tripartita*" OR "*Passiflora mollissima*" OR "*P. mollissima*" OR "*P. tripartita*" con las exclusiones no referidas a la misma especie; y (B) Número de publicaciones relacionadas a la semilla, cáscara, pulpa, hojas y planta en sí de *Passiflora tripartita*.

El cultivo de este fruto en el Perú no es predominante, pero esto no significa restar importancia a su estudio debido a dos razones principales como son el crecimiento de la agroexportación de pasifloras y la alta tolerancia de este cultivo para crecer en un amplio rango de altitudes. Además, países como Colombia, Ecuador y Venezuela son los que más sobresalen en el desarrollo y producción de este fruto siendo la pulpa el componente más comercial.

Actualmente el estudio de la cáscara y semillas de este fruto no son suficientes (**Figura 3**); por esto, es necesario contar con más investigaciones que sustenten el uso de los residuos agroindustriales de la *Passiflora tripartita* como materia prima en la elaboración de productos agroindustriales para iniciar su aprovechamiento comercial. Los estudios respecto a la cáscara y semilla de *Passiflora tripartita* son de suma importancia debido a que éstos representan el 37,3% del total de la fruta (**Encina-Zelada & Carpio-Rivadeneira, 2011**); y si solo fuesen desechados, generaría contaminación y dejar de obtener ganancias a partir de residuos valiosos para la agroindustria y otros sectores. Además, por la presencia de compuestos similares en frutos del mismo género; existe la posibilidad de obtener una amplia variedad de productos muy demandados por el mercado a partir de estos residuos.

El requerimiento de frutos con presencia de compuestos bioactivos y alta capacidad antioxidante (**Tabla 3**) en la elaboración de productos agroindustriales ha aumentado debido a la necesidad de consumir productos saludables que ayuden a prevenir enfermedades crónicas. El fruto de *Passiflora tripartita* contiene diversos atributos en cada uno de sus componentes; la pulpa, por ejemplo, es utilizada como aditivo en productos agroindustriales como son las bebidas, fermentos, helados y jugos. **Barros et al. (2020)** sostienen la presencia de un considerable contenido de compuestos fenólicos en los residuos de frutas. En el caso de las semillas, éstas también contienen una mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados con respecto a los saturados convirtiéndose así en una materia prima valiosa para la elaboración de productos con capacidad antimicrobiana como pastas dentales. Incluso, debido a sus recientes hallazgos en su composición de ciertos terpenos y derivados, se necesitan estudios específicos del efecto antiproliferativo de estos compuestos en el desarrollo del cáncer de colon. Respecto a la cáscara, esta podría ser muy útil en la elaboración de productos de panaderías, heladerías, bebidas funcionales y bebidas alcohólicas por su alta capacidad antioxidante, presencia de compuestos bioactivos, pectinas y por sus propiedades similares a las gomas. Incluso podría ser una opción económica para la producción de enzimas.

7. Conclusiones

Por lo tanto, podemos destacar que los residuos de la *Passiflora tripartita* como las semillas, y cáscara presentan una composición rica en polifenoles. Los residuos de este fruto fueron investigados debido a la utilización de los subproductos de especies del mismo género. Así, se ha demostrado que las semillas son una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados y contienen flavonoides particu-

lares y trascendentales para su uso en el campo farmacéutico; por ello, las investigaciones sobre su uso deben profundizar aún más. Respecto a la cáscara, investigaciones recientes destacan su alta capacidad antioxidante, por lo que no solo sería apto para la obtención de pectinas, piensos o harinas, sino también como un aditivo antioxidante. Además, este subproducto, por los estudios en especies de su mismo género, presenta alto potencial en el campo farmacéutico y energético.

ORCID

D. C. Rojas Romani  <https://orcid.org/0000-0001-7479-8260>

M. R. Calixto Cotos  <https://orcid.org/0000-0002-7735-278X>

F. Suca Apaza  <https://orcid.org/0000-0001-7116-8685>

Referencias bibliográficas

- Abbond, K. Y., da Luz, B. B., Dallazen, J. L., Werner, M. F. de P., Cazarin, C. B. B., et al. (2019). Gastroprotective effect of soluble dietary fibres from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. flavicarpa) peel against ethanol-induced ulcer in rats. *Journal of Functional Foods*, 54, 552–558.
- Alu'Datt, M. H., Rababah, T., Alhamad, M. N., Al-Mahasneh, M. A., Ereifej, K., et al. (2017). Profiles of free and bound phenolics extracted from: Citrus fruits and their roles in biological systems: Content, and antioxidant, anti-diabetic and anti-hypertensive properties. *Food and Function*, 8(9), 3187–3197.
- Baldeón, E. O., Alcañiz, M., Masot, R., Fuentes, E. M., Barat, J. M., & Grau, R. (2015). Voltammetry pulse array developed to determine the antioxidant activity of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaug) and tumbo (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey) juices employing voltammetric electronic tongues. *Food Control*, 54, 181–187.
- Ballesteros-Vivas, D., Alvarez-Rivera, G., León, C., Johanna Morantes, S., Ibáñez, E., et al. (2020). Foodomics evaluation of the anti-proliferative potential of *Passiflora mollissima* seeds. *Food Research International*, 130, 108938, 1–12.
- Ballesteros-Vivas, D., Alvarez-Rivera, G., Ibáñez, E., Parada-Alfonso, F., & Cifuentes, A. (2019). Integrated strategy for the extraction and profiling of bioactive metabolites from *Passiflora mollissima* seeds combining pressurized-liquid extraction and gas/liquid chromatography–high resolution mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1595, 144–157.
- Barbosa, S. T., De Araujo, F. P., Neto, A. F., De Freitas, S. T., De Souza Araújo, J., et al. (2021). Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of the Pulp of Two Brazilian Passion Fruit Species: *Passiflora Cincinnata* Mast. And *Passiflora Edulis* Sims. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 255–269.
- Barros, R. G. C., Pereira, U. C., Andrade, J. K. S., de Oliveira, C. S., Vasconcelos, S. V., & Narain, N. (2020). In vitro gastrointestinal digestion and probiotics fermentation impact on bioaccessibility of phenolics compounds and antioxidant capacity of some native and exotic fruit residues with potential antidiabetic effects. *Food Research International*, 136, 109614, 1–14.
- Beavon, M. A. & Kelly, D. (2014) Dispersal of banana passionfruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) by exotic mammals in New Zealand facilitates plant invasiveness. *New Zealand Journal of Ecology*, 39(1), 43–49.
- Bezerra, P. Q. M., Matos, M. F. R. de, Ramos, I. G., Magalhães-Guedes, K. T., Druzian, J. I., Costa, J. A. V., & Nunes, I. L. (2019). Innovative functional nanodispersion: Combination of carotenoid from Spirulina and yellow passion fruit albedo. *Food Chemistry*, 285, 397–405.
- Camavilca, J. C. & Gamarra, M. G. (2019). Efecto de la adición de pulpa maracuyá (*Passiflora edulis*) y tumbo (*Passiflora mollissima*) en gomas, sobre sus características sensoriales y vida útil (Tesis para optar el título profesional de Ingeniería de Alimentos). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Calderón, A., Salas, J., Dapello, G., Gamboa, E., Rosas, J., et al. (2019). Assessment of antibacterial and antifungal properties and in vivo cytotoxicity of peruvian *Passiflora mollissima*. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 20 (2), 145–151.
- Cárdenas, P. E. & Huamán, M.A. (2015). Evaluación de tipo de encapsulante y temperatura de aire de secado por atomización en el contenido de ácido ascórbico, carotenoides totales y capacidad antioxidante de Tumbo (*Passiflora mollissima* L.) (Tesis de grado de bachiller). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.
- Chaparro-Rojas, D. C., Maldonado, M. E., Urango, L. A. & Rojano, B. A. (2015). Propiedades quimiopreventivas de *Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey (curuba larga) contra cáncer colorrectal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(1), 62–74.
- Chaparro-Rojas, D. C., Maldonado, M. E., Franco-Londoño, M. C., & Urango-Marchena, L. A. (2014). Características nutricionales y antioxidantes de

- la fruta curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(2), 203–212.
- Coelho, E. M., Gomes, R. G., Machado, B. A. S., Oliveira, R. S., Lima, M. dos S., de Azevedo, L. C., & Guez, M. A. U. (2017). Passion fruit peel flour – Technological properties and application in food products. *Food Hydrocolloids*, 62, 158–164.
- Conde-Martínez, N., Sinuco, D. C., & Osorio, C. (2014). Chemical studies on curuba (*Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey) fruit flavour. *Food Chemistry*, 157, 356–363.
- Conde, N. E. (2013). Estudio químico del aroma de dos especies del género *passiflora*, gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) y curuba de castilla (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) (Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias – Química). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia.
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053.
- Coral-Caycho, E. R., Calixto-Cotos, M. R. & Soberón-Lozano, M. M. (2020). Actividad inhibitoria in vitro de los extractos acuosos de los frutos de *Hylocereus megalanthus* y *Passiflora tripartita* var. *mollissima* sobre las enzimas α -amilasa Y α -glucosidasa. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(2), 93–104.
- Curasma, E., & Inga, R. M. (2019). Efecto de presión y temperatura en el rendimiento, características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de *Passiflora tripartita* extraído con CO₂ supercrítico (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- De Faveri, A., De Faveri, R., Broering, M. F., Bousfield, I. T., Goss, M. J., et al. (2020). Effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O. Deg.) in cafeteria diet-induced metabolic disorders. *Journal of Ethnopharmacology*, 250, 112–182.
- Domínguez-Rodríguez, G., García, M. C., Plaza, M., & Marina, M. L. (2019). Revalorization of *Passiflora* species peels as a sustainable source of antioxidant phenolic compounds. *Science of the Total Environment*, 696, 134030, 1–13.
- Dos Santos, L. C., Bitencourt, R. G., dos Santos, P., de Tarso Vieira e Rosa, P., & Martínez, J. (2019). Solubility of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) seed oil in supercritical CO₂. *Fluid Phase Equilibria*, 493, 174–180.
- Encina-Zelada, C. R., & Carpio-Rivadeneira, L. J. (2011). Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. *Ingeniería Industrial*, 29, 225–245.
- Espinal-Ruiz, M., Restrepo-Sánchez, L. P., Narvaez-Cuenca, C. E. & McClements, D.J. (2016). Impact of pectin properties on lipid digestion under simulated gastrointestinal conditions: Comparison of citrus and banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) pectins. *Food Hydrocolloids*, 52, 329–342.
- García-Ruiz, A., Girones-Vilaplana, A., León, P., Moreno, D. A., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J., & Ruales, J. (2017). Banana passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey): Microencapsulation, phytochemical composition and antioxidant capacity. *Molecules*, 22(1), 85, 1–12.
- Giambanelli, E., Gómez-Caravaca, A. M., Ruiz-Torralba, A., Guerra-Hernández, E. J., Figueroa-Hurtado, J. G., García-Villanova, B., & Verardo, V. (2020). New advances in the determination of free and bound phenolic compounds of banana passion fruit pulp (*Passiflora tripartita* var. *mollissima* (kunth) l.h. bailey) and their in vitro antioxidant and hypoglycemic capacities. *Antioxidants*, 9(7), 628, 1–17.
- Gil, M., Restrepo, A., Millán, L., Alzate, L., & Rojano, B. (2014). Microencapsulation of Banana Passion Fruit (*Passiflora tripartita* Var. *Mollissima*): A New Alternative as a Natural Additive as Antioxidant. *Food and Nutrition Sciences*, 5 (08), 671–682.
- Goss, M. J., Nunes, M. L. O., Machado, I. D., Merlin, L., Macedo, N. B., et al. (2018). Peel flour of *Passiflora edulis* Var. *Flavicarpa* supplementation prevents the insulin resistance and hepatic steatosis induced by low-fructose-diet in young rats. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 102, 848–854.
- Grande-Tovar, C. D., Arana-Arias, C. A., Flórez-López, E. y Araujo-Pabón, L. M. (2020). Determination of the antioxidant and antimicrobial activity of blackberry residues (*Rubus glaucus* Benth). *Informador técnico*, 85(1), 64–82.
- Guerrini, A., Burlini, I., Huerta Lorenzo, B., Grandini, A., Vertuani, S., Tacchini, M., & Sacchetti, G. (2020). Antioxidant and antimicrobial extracts obtained from agricultural by-products: Strategies for a sustainable recovery and future perspectives. *Food and Bioproducts Processing*, 124, 397–407.
- Hernández, J., Martínez, J., Rojas, M., Aragon, D. (2018). Evaluation of *Passiflora tripartita* var. *mollissima* seed oil as potential nanoemulsion excipient Estados Unidos. *J. of Excipients and Food Chemicals*, 9, 16–27.
- Huamani, L. A. (2016). Modelamiento del comportamiento de calidad en postcosecha del tumbo serrano (*Passiflora mollissima* Bailey). *Revista de Investigación UNSCH*, 24(1), 93–98.
- Huang, R., Zhang, Y., Shen, S., Zhi, Z., Cheng, H., Chen, S., & Ye, X. (2020). Antioxidant and pancreatic lipase inhibitory effects of flavonoids from different citrus peel extracts: An in vitro study. *Food Chemistry*, 326, 126785, 1–10.
- Juscamaita-Fabián, L., Pérez-Salvaterra, T., Espinoza-Silva, C., Quispe-Solano, M., Hinojosa-Quirón, G., Flores-Ramos, O., & Manyari-Cervantes, G. (2017). Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus* L.) en la microencapsulación por Spray-Drying. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83 (3), 282–293.
- Liu, Z., Pan, Y., Li, X., Jie, J., & Zeng, M. (2017). Chemical composition, antimicrobial and anti-quorum sensing activities of pummelo peel flavonoid extract. *Industrial Crops and Products*, 109, 862–868.
- Loizzo, M., Lucci, P., Núñez, O., Tundis, R., Balzano, M., et al. (2019). Native Colombian Fruits and Their by-Products: Phenolic Profile, Antioxidant Activity and Hypoglycaemic Potential. *Foods*, 8(3), 89, 1–10
- López-Vargas, J. H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2013). Chemical, Physico-chemical, Technological, Antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Food Research International*, 51 (2), 756–763.
- Marques, S. do S. F., Libonati, R. M. F., Sabaa-Srur, A. U. O., Luo, R., Shejwalkar, P., et al. (2016). Evaluation of the effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa*) on metabolic changes in HIV patients with lipodystrophy of syndrome secondary to antiretroviral therapy. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26 (4), 420–426.
- Martin, D. A., Osorio, C. & Sinuco, D. C. (2018). Flavoromics approach to differentiate three edible *Tacsonia* (Passifloraceae) fruit species. *Eur Food Res Technol*, 244, 695–703.
- Martins, M. D., Guimarães, M. W., De Lima, V. A., Gaglioti, A. L., Da-Silva, P. R., Kadowaki, M. K., & Knob, A. (2018). Valorization of passion fruit peel by-product: Xylanase production and its potential as bleaching agent for kraft pulp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 172–180.
- Mayorga, M., Fischer, G., Melgarejo, L. M. & Parra-Coronado, A. (2020). Growth, development and quality of *Passiflora tripartita* var. *mollissima* fruits under two environmental tropical conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 93, 66 – 75.
- Mayta-Tovalino, F., Gamboa, E., Sánchez, R., Rios, J., Medina, R., García, M., & Asencios, J. (2019). Development and formulation of the experimental dentifrice based on *Passiflora mollissima* (Tumbo) with and without fluoride anion: Antibacterial activity on seven antimicrobial strains. *International Journal of Dentistry*, 2019, 9056590, 1–8.
- Medina, S., Collado-González, J., Ferreres, F., Londoño-Londoño, J., Jiménez-Cartagena, C., et al. (2017). Valorization strategy of banana passion fruit shell wastes: an innovative source of phytoprostanes and phenolic compounds and their potential use in pharmaceutical and cosmetic industries. *Journal of Food and Nutrition Research*, 5 (11), 801–808.
- Muñoz-Jáuregui, A. M., Alvarado-Ortiz Ureta, C., Blanco-Blasco, T., Castañeda-Castañeda, B., Ruiz-Quiroz, J., & Alvarado-Yarasca, Á. (2014). Determinación de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en mieles peruanas de diferentes fuentes florales. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 80 (4), 287–297.
- Oliveira, D. A., Angonese, M., Gomes, C., & Ferreira, S. R. S. (2016). Valorization of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) by-products: Sustainable recovery and biological activities. *Journal of Supercritical Fluids*, 111, 55–62.
- Ortiz, B. L., & Anzola, C. (2018). Study of the physiological effect of the consumption of arepas enriched with pectin extracted from banana passionfruit peel (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 5–11.
- Pereira, M. G., Hamerski, F., Andrade, E. F., Scheer, A. de P., & Corazza, M. L. (2017). Assessment of subcritical propane, ultrasound-assisted and Soxhlet extraction of oil from sweet passion fruit (*Passiflora alata* Curtis) seeds. *Journal of Supercritical Fluids*, 128, 338–348.
- Primot, S., d' Eeckenbrugge, G. C., Rioux, V., Pérez, J. A. O., & Garcin, F. (2005). Variación morfológica de tres especies de curubas (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*, *P. taminiana* y *P. mixta*) y sus híbridos en el Valle del Cauca (Colombia). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(3), 467–471.
- Ruiz, S. G., Venegas, E. A., Valdiviezo, J. E. & Plasencia, J. L. (2018). Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante in vitro del zumo de "pur pur" *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Passifloraceae). *Arnaldoa*, 25(3), 1003–1014.
- Sabogal-Palma, A. C., Chávez-Marín, J., Oliveros-Gómez, D. F., Murillo-Perea, E., & Méndez-Arteaga, J. J. (2016). Funcionalidades biológicas de *Passiflora maliformis* del sur macizo colombiano. *Bioagro*, 28(1), 3–12.
- Sánchez, N. Y., Sepúlveda, J. U., & Rojano, B. A. (2013). Desarrollo de una bebida láctea con extractos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) como antioxidante natural. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 11(1), 164–173.
- Sena, J. A. B., Villela, S. D. J., Santos, R. A., Pereira, I. G., Castro, G. H. F., et al. (2015). Intake, digestibility, performance, and carcass traits of rams provided with dehydrated passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)

- peel, as a substitute of Tifton 85 (*Cynodon spp.*). *Small Ruminant Research*, 129, 18–24.
- Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E., & Gonther, M. P. (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. *Food Chemistry*, 212, 225–233.
- Silva, A. F. V., Santos, L. A., Valença, R. B., Porto, T. S., Da Motta Sobrinho, M. A., et al. (2019). Cellulase production to obtain biogas from passion fruit (*Passiflora edulis*) peel waste hydrolysate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(6), 103510, 1–8.
- Simirgiotis, M. J., Schmeda-Hirschmann, G., Bórquez, J., & Kennelly, E. J. (2013). The *Passiflora tripartita* (banana passion) fruit: A source of bioactive flavonoid C-glycosides isolated by HSCCC and characterized by HPLC-DAD-ESI/MS/MS. *Molecules*, 18(2), 1672–1692.
- Sivankalyani, V., Feygenberg, O., Diskin, S., Wright, B., & Alkan, N. (2016). Increased anthocyanin and flavonoids in mango fruit peel are associated with cold and pathogen resistance. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 132–139.
- Troya, D., Tupuna-Yerovi, D. S., & Ruales, J. (2018). Effects of wall materials and operating parameters on physicochemical properties, process efficiency, and total carotenoid content of microencapsulated banana passionfruit pulp (*Passiflora tripartita* var. mollissima) by Spray-Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10), 1828–1839.
- Valencia-Sullca, C. E., & Guevara-Pérez, A. (2013). Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(2), 116–125.
- Yepes, A., Ochoa-Bautista, D., Murillo-Arango, W., Quintero-Saumeth, J., Bravo, K., & Osorio, E. (2021). Purple passion fruit seeds (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) as a promising source of skin anti-aging agents: Enzymatic, antioxidant and multi-level computational studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(1), 102–905.
- Zapata, K., Rojano, B. A., & Cortes, F. B. (2015). Efecto térmico del secado por aspersión sobre los metabolitos antioxidantes de la curuba larga (*Passiflora mollissima* bailey). *Información Tecnológica*, 26(1), 77–84.