

Polpa de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) *Mc Vaugh*) em três fases de maturidade: efeito da concentração a vácuo, congelamento e tratamento com ultrassom nas suas propriedades funcionais

Camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) *Mc Vaugh*) pulp in three stages of ripeness: effect of vacuum concentration, freezing and ultrasound treatment on their functional properties

Pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) *Mc Vaugh*) en tres estados de madurez: efecto de la concentración al vacío, congelamiento y del tratamiento con ultrasonido en sus propiedades funcionales

Recebido: 31/03/2020 | Revisado: 31/03/2020 | Aceito: 03/04/2020 | Publicado: 04/04/2020

Pedro Pablo Peláez Sánchez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9127-2068>

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facd. de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Perú

E-mail: pedropps2003@gmail.com

Eduardo Ramirez Asquieri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3312-8003>

Universidad Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia. Brasil

E-mail: asquieri@gmail.com

Manuel Augusto Mariñas Pérez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9426-9400>

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facd. de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Perú

E-mail: mmarinas.ia@gmail.com

Carmen Imelda Páucar Lomas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9875-932X>

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facd. de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Perú

E-mail: carmenpaucar062@gmail.com

Rayssa Dias Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3030-7241>

Universidad Federal de Goiás, Facultad de Farmácia. Brasil

E-mail: rayssadiasbatista@hotmail.com

Elaine Meire de Assis Ramirez Asquieri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3989-860X>

Resumo

O camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) é um fruto amplamente cultivado na região da Amazônia peruana. O objetivo deste trabalho foi estudar a polpa da fruta em três estágios de maturação, submetida a ultrassom, concentração a vácuo, embalagem a vácuo, congelamento a -20°C , e estudar os efeitos em seus componentes bioativos, bolores e leveduras. A polpa de camu camu, que apresentava o maior conteúdo de componentes bioativos (estado maduro) foi submetida a tratamento ultrassônico a 40 KHz com tempos 0, 1, 3, 5, 7 e 10 minutos. Os valores foram de ácido ascórbico ($2151 \pm 16 \text{ mg x } 100 \text{ g}^{-1}$), polifenóis totais ($739 \pm 24 \text{ mg x } 100 \text{ g}^{-1}$) e capacidade antioxidante como ABTS ($\text{IC}_{50} = 2,94 \pm 0,11 \mu\text{g x mL}^{-1}$) e DPPH ($\text{IC}_{50} = 7,43 \pm 0,12 \mu\text{g x mL}^{-1}$). O método de concentração a vácuo e o congelamento a -20°C durante 90 dias aumentou o nível de ácido ascórbico em 207,17% devido à sua concentração de 50%, atingindo uma perda total de polifenóis no terceiro mês de armazenamento de apenas 6,6% do seu conteúdo inicial de tempo zero. Quando tratamos a polpa fresca com ultrassom, foi escolhida a de 5 minutos para seu armazenamento por 120 dias a -20°C e foi observado um aumento na sua capacidade antioxidante de 20,5% para polifenóis totais, 2% para ABTS e 23% para DPPH em relação à polpa não tratada. Concluímos que o tratamento com ultrassom, a concentração a vácuo e o congelamento, aumenta o tempo de conservação, diminui a perda da capacidade antioxidante e aumenta a sua capacidade de redução.

Palavras-chave: Capacidade antioxidante; Polifenóis; Armazenamento; Concentrado a vácuo.

Abstract

The camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) whose fruit is widely cultivated in the Peruvian Amazon region. The objective of this work was to study the fruit pulp in three stages of maturity, submitted to ultrasound, vacuum concentration, vacuum packing, freezing at -20°C , and to study the effects on its bioactive components, molds and yeasts. Camu camu pulp, which presented the highest content of bioactive components (ripe state) was subjected to ultrasonic treatment at 40 KHz with time 0, 1, 3, 5, 7 and 10 minutes. The values were ascorbic acid ($2151 \pm 16 \text{ mg x } 100 \text{ g}^{-1}$), total polyphenols ($739 \pm 24 \text{ mg x } 100 \text{ g}^{-1}$) and antioxidant capacity as ABTS ($\text{IC}_{50} = 2.94 \pm 0.11 \mu\text{g x mL}^{-1}$) and DPPH ($\text{IC}_{50} = 7.43 \pm 0.12 \mu\text{g x mL}^{-1}$). The method of concentration under vacuum and frozen

at -20°C for 90 days increased the level of ascorbic acid by 207.17 % due to its 50% concentration, reaching a total loss of polyphenols in the third month of storage of only 6.6 % of its initial zero time content. When we treated the fresh pulp with ultrasound, the 5-minute ultrasound was chosen for storage for 120 days at -20°C and an increase in antioxidant capacity of 20.5% for total polyphenols, 2% for ABTS and 23% for DPPH was observed with respect to the untreated pulp. We conclude that the treatment with ultrasound, vacuum concentration and freezing, increases conservation time, little loss of antioxidant capacity increases its reduction capacity.

Keywords: Antioxidant capacity; Polyphenols; Storage; Vacuum concentrated.

Resumen

El camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) es ampliamente cultivado en la región amazónica peruana. El objetivo de este trabajo fue estudiar la pulpa de la fruta en tres estados de madurez, sometidos a ultrasonido, concentración al vacío, empacados al vacío, congelado a -20°C, y estudiar los efectos sobre sus componentes bioactivos, los mohos y levaduras. La pulpa de camu camu, que presentó el mayor contenido de componentes bioactivos (estado maduro) fue sometida al tratamiento ultrasónico a 40 KHz con tiempo 0, 1, 3, 5, 7 y 10 minutos. Los valores fueron de ácido ascórbico (2151 ± 16 mg x 100 g⁻¹), polifenoles totales (739 ± 24 mg x 100 g⁻¹) y capacidad antioxidante como ABTS (IC₅₀ = 2.94 ± 0.11 µg x mL⁻¹) y DPPH (IC₅₀ = 7.43 ± 0.12 µg x mL⁻¹). El método de concentración al vacío y congelado a -20°C durante 90 días incrementó el nivel de ácido ascórbico en 207,17 % debido a su concentración de 50%, llegando a una pérdida total de polifenoles en el tercer mes de almacenamiento de tan sólo 6,6 % de su contenido inicial tiempo cero. Se escogió el tratamiento donde se trató la pulpa fresca con ultrasonido durante 5 minutos, para su almacenamiento por 120 días a -20°C y se observó un aumento de su capacidad antioxidante en 20,5% para polifenoles totales, 2% para ABTS y 23% para DPPH con respecto a la pulpa no tratada. Concluimos que el tratamiento con ultrasonido, la concentración al vacío y el congelamiento, aumentan el tiempo de conservación, poca pérdida de su capacidad antioxidante aumenta su capacidad reductora.

Palabras clave: Capacidad antioxidante; Polifenoles; Almacenamiento; Concentrado al vacío.

1. Introducción

El camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) es una fruta nativa de la región amazónica, crece naturalmente en ríos y lagos, con resistencia a las inundaciones, permanece durante más de cinco meses en el agua (Souza et al., 2013, Grigio et al., 2017). La fruta tiene un alto contenido de vitamina C, 2780 mg-100g⁻¹ de pulpa (Cunha-Santos et al., 2019). También tiene propiedades astringentes, antiinflamatorias, emolientes y nutricionales y se

caracteriza por niveles notables de antocianinas, calcio, hierro, niacina, fósforo, riboflavina y tiamina (Taylor, 2006; Villanueva-Tiburcio et al, 2010; Azevedo et al, 2018).

Estas características hacen que esta fruta sea susceptible a cambios de naturaleza degradante y tenga una vida útil muy corta, lo que dificulta que la fruta esté disponible en el mercado en forma natural, por lo que es necesario desarrollar condiciones de procesamiento no convencionales. que aseguran un almacenamiento prolongado y que preservan sus compuestos bioactivos (Zillo et al, 2019).

Una alternativa para preservar la pulpa de camu-camu es el concentrado al vacío y el envasado al vacío, para evitar el efecto del oxígeno en las diversas reacciones de deterioro (Monteiro et al., 2017). Del mismo modo, en la actualidad, no se han realizado estudios para conservar la pulpa de camu-camu por ultrasonido. Esta tecnología emergente es un método alternativo al tratamiento térmico.

La exportación de pulpa se destina principalmente al mercado japonés. Se estima que Japón requiere 230 mil toneladas anuales, valoradas en 40 millones de dólares. Las exportaciones de la fruta al mercado japonés son actualmente 220 toneladas de Camu-camu y 110 toneladas de pulpa (López, 2004).

Los objetivos de la presente investigación fueron: cuantificar el ácido ascórbico, los polifenoles totales y capacidad antioxidante por los métodos de DPPH+ y ABTS+ en la pulpa de camu-camu en estado natural, concentrados al vacío y tratados con ultrasonido durante el almacenamiento a -20°C.

2. Material y Métodos

Este es un trabajo de investigación científica laboratorial, se ejecutó en los laboratorios Análisis de Alimentos, Microbiología de los Alimentos, Centro de Investigación y Desarrollo Biotecnología de la Amazonía (CIDBAM) y Centro de Investigación de Productos Naturales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Perú y el Laboratório de Química y Bioquímica de Alimentos de la Facultad de Farmácia de la Universidad Federal de Goiás, Brasil.

Los frutos de *Myrciaria dubia* Mc Vaugh (camu-camu) en tres estados de madurez (verde, pintón y maduro), utilizados en los ensayos preliminares y definitivos para el desarrollo de la investigación, procedieron de la Asociación de Productores de camu-camu del Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali, ubicada a 150

m.s.n.m de altitud, con una temperatura media promedio de 26,4°C y una humedad promedio de 84,24 %.

El transporte se realizó en jabas de plástico de 25 kilogramos de capacidad, las jabas fueron cubiertas de papel periódico para evitar daños excesivos al fruto durante el transporte. El trabajo de investigación es cuantitativo.

2.1. Materiales biológicos y reactivos

Se usó pulpa de fruta en tres estados de madurez por separado (verde [$>90\%$ color verde claro], pintón [50% vino, 50% verde] y maduro [$>90\%$ vino]), de la Asociación de Productores del Distrito camu-camu Manantay, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, Perú. Los reactivos utilizados para el desarrollo de la investigación fueron: 2,2-difenil-1-picrilhidrailo (DPPH; Sigma Aldrich®); 2,2-azinobis (3-etilenobenzotiazolino-6 ácido sulfónico) (ABTS; Sigma Aldrich®); ácido ascórbico (Scharlau®); Dihidrógeno fosfato de potasio (Scharlau®); ácido ortofosfórico (Scharlau®); cloruro de hierro (Carlo Erba®); ferricianuro de potasio (Scharlau ®).

2.2. Caracterización de materia prima

Las frutas de camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) Verde, Pínton y Maduro, se lavaron con agua clorada a 10 ppm sumergidas durante 15 minutos para reducir la carga microbiana, luego se enjuagaron con agua destilada, estas frutas fueron pulpeadas, usando un Tamiz ligero de 0,5 mm. La pulpa de las tres etapas de madurez obtenidas fue envasada al vacío separadamente a (150 mbar) en bolsas de polietileno de 4 mm de espesor con una capacidad de 120-150 g cubiertas con papel metálico y dentro de bolsas negras para protegerlas de la luz y almacenarlas a - 20°C.

La pulpa de camu camu, en tres etapas de madurez (Verde, pínton y maduro), fue sometido a los siguientes análisis: pH, °Brix , acidez titulable, por el método de valoración potenciométrica informado por el AOAC n° 642.15 (1995), para establecer el índice de madurez (°Brix /% de acidez), luego los análisis de composición centesimal como de proteínas y grasas fueron realizados por el método de Biureto (Villela et al., 1973) y Bligh & Dyer (1959) respectivamente, fibra cruda por el método según el AOAC n ° 930.20 (1995), humedad por el método reportado por el AOAC n ° 23.003 (1995), cenizas por el método AOAC n° 942.05 (1995), carbohidratos por diferencia según AOAC n° 971.18 (1995). Se realizó la medición del contenido de ácido ascórbico, el contenido total de polifenoles, la

evaluación de la actividad antioxidante por el radical DPPH y el catión ABTS y el contenido de mohos y levaduras.

2.3. Cuantificación del ácido ascórbico.

Se determinó el ácido ascórbico, utilizando un cromatógrafo de líquidos de fase inversa LC-10 AT VP Shimadzu Scientific, MD, EE. UU. Compuesto por un desgasificador DGU Shimadzu - 14A; un inyector manual Rheodyne 7725i; solvente de módulo de gestión que incluye una bomba cuaternaria, Shimadzu LC - 10 AT; Shimadzu columna horno CTO uno - 10AE; un detector UV-Vis Shimadzu, SPD_10AV; interfaz SCL 10AV. La identificación e integración de picos utilizó el software Shimadzu, Clase VP versión 6.13 SP2. La separación cromatográfica se realizó con un cartucho de columna de protección C18 Ultra 20 mm x 4 mm, Marca: Restek, Código: 917 450 220 y cromatografía en columna Ultra C18, Dimensiones: 150 mm x 4.6 mm x 5µm, Marca: Restek, Código: 9174565 La columna se mantuvo a 35°C. Se midió a una longitud de onda de 254 nm, con un flujo de 0,5 ml x min⁻¹. Se usó KH₂PO₄ 0,2 M (Merck) en solución con agua desionizada como fase móvil. El pH de la fase móvil fue de 2,4, se fijó con H₃PO₄ (Gokmen et al., 2000).

2.4. Cuantificación de polifenoles totales

La determinación de los polifenoles totales se basa en la reducción de hierro (III) a (II), formando un complejo llamado azul de Prusia, que se lee a 720 nm, se lleva a cabo por reacción de la sustancia a evaluar con FeCl₃; después de 10 minutos de reacción con K₃Fe (CN)₆. Para la cuantificación de polifenoles, se preparó una curva estándar con soluciones de ácido gálico, 0,1; 0,08; 0,06; 0,04; 0,02 y 0,01 mM. Cada dilución se preparó por triplicado; Se añadieron a cada tubo 200 ml de la solución y se hicieron reaccionar con 600 µl de FeCl₃ 0,1 M en HCl 0,1 N durante 10 minutos, luego se añadieron 600 ul de K₃Fe (CN)₆ 0,008 M durante 10 minutos.

Se hizo un gráfico de concentración vs absorbancia para la curva estándar y definió la ecuación respectiva. Se utilizó 1 g de pulpa fresca y diluida en 20 ml de agua destilada y desionizada; solución a la que se llamó extracto acuoso de 50000 g x mL⁻¹. Se tomaron 200 uL del extracto acuoso y se agregaron 600 uL de FeCl₃ 0,1 M en HCl 0,1 N a 600 uL de K₃Fe (CN)₆ 0,008 M, la absorbancia se registró a 720 nm, con resultados expresados en equivalentes de ácido gálico (EAG) / 100 g de pulpa (Villanueva-Tiburcio et al., 2010).

2.5. Capacidad antioxidante

La actividad de eliminación de radicales DPPH se midió por método espectrofotométrico (Brand-Williams, Cuvelier, Berset, 1995) con ligeras modificaciones. Se usó una solución recién preparada de DPPH 100 μM en MeOH al 50%. Las soluciones de muestra (20 μL) a concentraciones de 5,0 - 200 $\mu\text{g} / \text{mL}$ y 80 μL de tampón de acetato 100 mM (pH 5,5) se mezclaron con una solución de DPPH 100 μM (100 μL) en una placa de 96 pocillos. La mezcla se agitó bien y se incubó en la oscuridad durante 30 minutos a 30 ° C.

La absorbancia se midió por espectrofotometría a 517 nm. La actividad antioxidante de la muestra se expresó como la inhibición de la actividad de eliminación de radicales DPPH de la siguiente manera:

$$\text{Inhibición (\%)} = [(A_{517} (\text{control}) - A_{517} (\text{muestra})) / A_{517} (\text{control})] \times 100$$

El valor IC₅₀ se calculó a partir de una curva de inhibición. Los ensayos se llevaron a cabo por triplicado. El ácido gálico se utilizó como control positivo.

También se usó el radical ABTS (Re et al., 1999). Se obtiene después de la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (140 mM), se incuba a temperatura ambiente (25 °C) y en la oscuridad durante 16 h. Una vez que se forma el radical ABTS⁺, se diluye con etanol para obtener una absorbancia de $0,75 \pm 0,05$ a una longitud de onda de 734 nm. La muestra se confronta luego con el radical ABTS⁺ y el porcentaje de absorción de radicales libres se determina por la curva de calibración con la muestra centrifugada a 10000 rpm, por diferencia de absorbancia a una concentración de 225 $\mu\text{g} / \text{ml}$.

2.6. Concentración de vacío y Tratamiento ultrasónico

La pulpa madura de camu-camu se concentró al vacío empleando un rotavapor. Se colocaron 200 g de pulpa y se concentró hasta 50% de su volumen inicial, a una temperatura de 50°C y una presión de vacío constante de 24 pulg Hg. En seguida, la pulpa madura de camu camu fue empacada en bolsas de polietileno de densidad media y congeladas directamente a -20°C. Para el tratamiento ultrasónico en ultrasonido JAC® Ultrasonic 1002 Lab Companion, se usaron muestras de pulpa madura frescas sin concentrar y sometidos en intervalos de tiempo de 0, 1, 3, 5, 7 y 10 minutos a 40 kHz, sellados con empacadora de vacío (Multivac – Modelo: A300/76), luego se realizó la medición del contenido de ácido ascórbico, polifenoles totales, evaluación de la capacidad antioxidante mediante el radical DPPH y el

cación ABTS y el contenido de mohos y levaduras. Las pulpas pintón y verdes no fueron sometidos a este procedimiento.

2.7. Almacenamiento

Una muestra de la pulpa madura fue sometido al proceso de conservación a una temperatura de -20°C , por un tiempo de 4 meses (120 días). Durante este tiempo y cada 30 días fueron realizados evaluaciones del contenido de ácido ascórbico, polifenoles totales, capacidad antioxidante mediante el radical DPPH y el catión ABTS y el contenido de mohos y levaduras. Con esto podremos verificar el efecto del tiempo respecto a sus componentes bioactivos de la pulpa de camu camu. Las otras pulpas de frutas pintón y verde no fueron sometidos a esta prueba.

2.8. Estadísticas

El análisis estadístico se realizó con el diseño aleatorio completo, y la prueba de Tukey, el orden de los resultados se presenta en las tablas de resultados expresadas en letras como superíndices. Las variables independientes fueron: grado de madurez, tiempo de exposición al ultrasonido, tiempo de almacenamiento y las variables dependientes fueron: contenido de ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante. El análisis de las muestras se realizó por triplicado. Los análisis estadísticos para el cálculo de IC50 se realizaron por regresión lineal y análisis de varianza, con $p < 0,05$. Los datos se procesaron con el software estadístico SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3. Resultados y Discusión

3.1. Determinación del % Acidez, Sólidos Solubles Totales e Índice de Madurez

En el Tabla 1, se muestran los valores del % de acidez, sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) e índice de madurez, para la pulpa de camu camu.

Tabla 1. % Acidez, Sólidos Solubles Totales (°Brix) e Índice de madurez (IM) de la pulpa de camu camu, en tres estados de madurez.

	% Acidez*	SST (°Brix)*	IM*
Verde	2,19 ± 0,029 ^a	4,8 ± 0,051 ^a	2,2 ± 0,05 ^a
Pintón	2,27 ± 0,006 ^b	5,7 ± 0,051 ^b	2,5 ± 0,029 ^b
Maduro	2,37 ± 0,039 ^c	6,8 ± 0,12 ^c	2,9 ± 0,074 ^c

* Desviación media y estándar de tres réplicas. Las letras iguales en las columnas no difieren en la prueba de Tukey con un nivel de significación $p < 0.05$. Abreviatura: SST, sólidos solubles totales.

El estudio mostró que el mayor porcentaje de acidez, °Brix e índice de madurez se encuentran en la pulpa madura, seguido del pintón y verde, existiendo diferencia estadística entre cada estado, tal como se muestra en el Tabla 1.

El porcentaje de acidez, expresado como ácido cítrico equivalente, asocia el total de compuestos capaces de donar protones como el ácido cítrico, ascórbico, málico y otros componentes de carácter ácido (Tyl & Sadler, 2017).

De acuerdo con Neves et al. (2017), los frutos de algunas mirtáceas con patrón respiratorio climatérico desdoblán de manera rápida sus reservas (ácidos orgánicos), durante el máximo climatérico y en consecuencia aumentan los sólidos solubles totales y la acidez titulable.

Los sólidos solubles (°Brix), en pulpa verde, pintón y madura se incrementan paulatinamente conforme se desarrolla el fruto, pues Fujita et al. (2017), en sus investigaciones menciona que la pulpa madura contiene 6,77 °Brix, resultado que coincide con el encontrado en nuestro trabajo.

Villanueva-Tiburcio et al. (2010), encontraron valores para el índice de madurez de: 2,41; 1,90; y 1,31; mientras que Zapata & Dufour (1993), mencionan valores de 2,2; 1,8 y 1,6 para el fruto de camu camu maduro, verde y pintón respectivamente. Los resultados mostrados, coinciden con los estándares exigidos por la Norma Técnica Peruana (INDECOPI, 2007), para la pulpa madura de camu camu, la cual reporta valores de % Acidez y Sólidos solubles entre 2,3 - 4,3 y 5 – 6,5 respectivamente.

A los 54 días comienza la madurez fisiológica del fruto, donde prácticamente detiene su crecimiento y acumulación de reservas para incrementar los procesos metabólicos hidrolizando el almidón en azúcares simples, incrementando los sólidos solubles totales (°Brix) (Neves et al., 2017).

3.2. Caracterización físico-química

El Tabla 2, muestra los resultados de los análisis físico-químicos: humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza; realizados a la pulpa de camu camu en sus tres estados de madurez (verde, pintón y maduro).

Tabla 2. Análisis químico proximal de la pulpa de camu camu en tres estados de madurez.

Componente	(g/100 g de pulpa)*		
	Verde	Pintón	Maduro
Humedad	90,06 ± 0,36	91,13 ± 0,39	93,68 ± 0,25
Proteína	0,35 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,51 ± 0,02
Grasa	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,21 ± 0,01
Fibra	0,51 ± 0,02	0,56 ± 0,01	0,71 ± 0,03
Ceniza	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,20 ± 0,01
CHO total	9,27	8,14	5,4

* Desviación media y estándar de tres réplicas.

El contenido de humedad, se incrementa a medida que madura el fruto y los carbohidratos totales disminuyen. Muchos estudios fueron realizados sobre la pulpa madura del camu camu, encontrando valores de humedad entre 91 – 94% (Fujita et al., 2017; Azevedo et al, 2018; Cunha-Santos et al., 2019), resultados que coinciden con los encontrados en nuestra investigación.

Una vez alcanzada la madurez fisiológica del fruto y a medida que la madurez continúa, se produce el ablandamiento ocasionado por la solubilización gradual de la pectina iniciado por las hidrolasas (entre las que se encuentran la pectinesterasa, la poligalacturonasa, la celulasa y la xilanasa), incrementando de esa manera la humedad de la pulpa conforme evoluciona el proceso de maduración (Castro et al., 2018).

También esto puede explicar el aumento del contenido de proteínas pues Zapata & Doufur (1993) y Paula et al. (2018), en sus estudios manifestaron que los aminoácidos se incrementan a medida que se desarrolla el fruto, como también la producción de enzimas necesarias para la respiración, maduración y senescencia del fruto. El aumento de la respiración del fruto trae consigo la síntesis de gran número de enzimas (Martínez-González et al., 2017).

En cuanto al contenido graso, el estudio mostró que el camu camu incrementa este componente desde 0,16% a 0,21% desde el estado verde a maduro. Castro et al. (2018) y

Rodrigues et al. (2020), encontraron valores similares para la pulpa madura de camu camu, coincidiendo con los resultados de nuestra investigación.

El contenido de fibra total se incrementa a medida que evoluciona la madurez, variando su contenido desde 0,51% a 0,71% del estado verde a maduro. Castro et al. (2018) encontró valores para el contenido de fibra de 0,1 - 0,6 y Aguiar & Souza (2018) encontraron el valor 1,69 g.100g⁻¹ en pulpa.

Referente al contenido de cenizas, se ve afectado por el estado de madurez observándose se su incremento a medida que madura el fruto desde 0,16 a 0,21 g.100g⁻¹ de pulpa fresca. Justi et al. (2000), encontraron que la pulpa de camu camu posee 0,3 g.100g⁻¹; Castro et al. (2018) menciona un valor de 0,2 – 0,3 gx100g⁻¹ de pulpa fresca, mientras que Rodrigues et al. (2020), manifestaron que la pulpa posee 0,24 g.100 g⁻¹. El estudio en pauta coincide con los valores encontrados por los autores.

3.3. Pulpa fresca en tres estados de madurez.

En la Tabla 3, se observa el contenido de ácido ascórbico en los diversos estados de madurez de la pulpa de camu-camu.

Tabla 3. Componentes bioactivos y carga microbiana en tres estados de madurez de la pulpa de camu-camu¹

Estado de Madurez	Índice de Madurez	AA (mg x 100 g ¹)	PT (mg EAG x 100 g ⁻¹)	ABTS ⁺ CI ₅₀ (µgxmL ⁻¹)	DPPH ⁺ CI ₅₀ (µgxmL ⁻¹)	Mohos y Levaduras (UFC/g ⁻¹)
Verde	2,2 ± 0,05 ^c	1778 ± 67 ^b	693 ± 78 ^b	3,97 ± 0,07 ^a	10,96 ± 0,32 ^a	65,53 ^b
Pintón	2,5 ± 0,02 ^b	1874 ± 42 ^b	679 ± 14 ^b	3,54 ± 0,26 ^a	12,38 ± 0,22 ^c	11,5 ^c
Maduro	2,9 ± 0,07 ^a	2151 ± 16 ^a	739 ± 24 ^a	2,94 ± 0,11 ^b	7,43 ± 0,12 ^b	76,38 ^a

* Desviación media y estándar de tres réplicas. Las letras iguales en las columnas no difieren en la prueba de Tukey con un nivel de significación p <0.05. Abreviatura: AA, ácido ascórbico.; PT, polifenoles totales. UFC= Unidades Formadores de Colonias.

En la Tabla 3 se muestra el contenido de ácido ascórbico en la pulpa que aumenta conforme madura el fruto, el mayor contenido se encontró en la pulpa del fruto maduro, observando una relación opuesta a la mencionada por Arellano-Acuña et al. (2016), quienes determinaron un mayor contenido de ácido ascórbico en la pulpa de fruto verde. La variación de resultados podría estar relacionada con el método de análisis utilizado o posiblemente a la variedad de la fruta o simplemente lugar de colecta.

Referente a los polifenoles totales en la pulpa verificamos que el estado maduro presenta el mayor contenido, y el estado verde presenta más polifenoles que el pintón, no teniendo una coherencia de crecimiento de valores según el estado de su maduración, esto puede haber ocurrido cuando se hizo la selección de frutos maduros verde y pintones no hubo una regla clara para la separación de los frutos (Azevedo et al., 2018).

El análisis estadístico demostró que existe diferencia estadística significativa entre el contenido de polifenoles de la pulpa de camu-camu de cada grado de madurez. La pulpa de camu-camu posee el mayor contenido de polifenoles entre muchos otros frutos en mg GAE/100 g: el tumbo serrano (1478,26), noni (164,67), aguaymanto (100,89), carambola (75,97), yacón (67,74), tomate de árbol (62,71), guinda (24,05), tumbo costeño (2,16), (Muñoz, 2007).

Los polifenoles son muy importantes por ser componentes esenciales en las dietas y nos proporciona una elevada capacidad antioxidante y consecuentemente importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares, posee actividades anti-inflamatoria, antitrombótica, antimicrobiana y antineoplásica (Silva et al., 2018).

Referente a los resultados de las pruebas de la actividad antioxidante de la pulpa de camu-camu, se muestran en la Tabla 3, donde el coeficiente de inhibición CI_{50} del radical $ABTS^{*+}$ disminuye de acuerdo al estado de madurez, comportamiento similar para el radical $DPPH^{*+}$.

La mayor actividad antioxidante de la pulpa de camu-camu, se observa al estado maduro, verificado en la Tabla 3, con CI_{50} de $7,43 \text{ ug} \times \text{mL}^{-1}$ para para el radical $DPPH^{*+}$ y del radical $ABTS^{*+}$ de $2,94 \text{ ug} \times \text{mL}^{-1}$, coincidiendo con el comportamiento de los resultados de polifenoles totales y ácido ascórbico de la misma muestra. En investigación realizada con mermelada de sandía según Rodrigues, I.C et al. (2020), valores de antioxidantes de la pulpa fue $0,10 \text{ } \mu\text{Mol/g}$; $0,7 \text{ } \mu\text{Mol/g}$; $0,38 \text{ } \mu\text{Mol/g}$; DPPH, DPPH, FRAP, respectivamente.

Verificamos en la Norma Técnica Peruana 011.031.2007 elaborada por INDECOPI (2007), menciona que la pulpa de camu camu debe poseer menos de 10 UFCxg^{-1} entretanto observamos que todas las muestras no cumplen, por tanto, consideradas fuera de las normas.

El análisis estadístico demostró que existe diferencia estadística significativa entre la actividad antioxidante de la pulpa de camu-camu de cada grado de madurez.

3.4. Pulpa concentrada al vacío

El método de concentrado al vacío incrementó el nivel de ácido ascórbico tiempo”0” testigo, en 91,55% con respecto a la pulpa madura fresca sin concentrar. Este resultado es explicado en la Tabla 4, por el hecho de que la concentración al vacío tiende a eliminar principalmente el agua y los compuestos volátiles y consecuentemente el incremento de los otros compuestos (Šumic et al., 2016). Durante el tiempo de 4 meses de almacenamiento la pérdida de AA fue de 36% con respecto al testigo.

Tabla 4. Componentes bioactivos y carga microbiana en la pulpa madura de camu-camu concentrada al vacío (50 %) y almacenada a -20°C

Mes	AA (mg x 100 g ⁻¹)	PT (mg x 100 g ⁻¹)	ABTS ⁺ CI ₅₀ (µg x mL ⁻¹)	DPPH ⁺ CI ₅₀ (µg x mL ⁻¹)	Mohos y Levaduras (UFC x g ⁻¹)
0	4120,28 ± 38,04 ^a	2270 ± 0,01 ^a	1,73 ± 0,01 ^a	4,08 ± 0,01 ^a	15,0 ^a
1	3901,00 ± 159,98 ^b	2220 ± 0,01 ^b	1,84 ± 0,01 ^b	4,40 ± 0,01 ^b	6,0 ^{ab}
2	3107,08 ± 170,96 ^c	2180 ± 0,02 ^{bc}	1,86 ± 0,01 ^b	4,44 ± 0,01 ^b	1,0 ^{bc}
3	2877,45 ± 61,77 ^d	2150 ± 0,03 ^c	1,88 ± 0,01 ^b	4,46 ± 0,01 ^b	0,0 ^c
4	2637,14 ± 54,45 ^d	2120 ± 0,01 ^d	1,88 ± 0,01 ^b	4,49 ± 0,01 ^b	-

* Desviación media y estándar de tres réplicas. Las letras iguales en las columnas no difieren en la prueba de Tukey con un nivel de significación p <0.05. Abreviatura: AA, ácido ascórbico; TP, polifenoles totales. UFC=Unidades formadores de colonias.

El método de concentrado al vacío incrementó el nivel de ácido ascórbico tiempo”0” testigo, en 91,55% con respecto a la pulpa madura fresca sin concentrar. Este resultado es explicado por el hecho de que la concentración al vacío tiende a eliminar principalmente el agua y los compuestos volátiles y consecuentemente el incremento de los otros compuestos (Šumic et al., 2016). Durante el tiempo de 4 meses de almacenamiento la pérdida de AA fue de 36% con respecto al testigo.

Refiriéndonos a los polifenoles totales, el concentrado al vacío tiempo cero, incrementó en 207,17 % con respecto a la pulpa madura no concentrada, llegando a una pérdida total de polifenoles en el cuarto mes de almacenamiento de tan sólo 6,6 % de su contenido inicial tiempo cero.

Referente a capacidad antioxidante tiempo cero y la fruta fresca sin concentrar (IC₅₀ 2,94 µgxmL⁻¹, el aumento fue para ABTS⁺ en 41,15% y para DPPH⁺ en 45,08% debido a la concentración hasta 50%. Durante el almacenamiento tiempo cero y los 4 meses tanto para

ABTS⁺⁺ y DPPH⁺⁺ no se observa una diferencia significativa. por lo tanto, no implica en perdida de su capacidad antioxidante durante este tiempo de conservación a -20°C.

Para los mohos y levaduras de la muestra testigo, está fuera de los padrones estipulados por el INDECOPI (2007) que es máximo de 10 UFC/100⁻¹, y los restantes de los meses cumplen estas normas.

3.5. Pulpa tratada con ultrasonido

En la Tabla 5 podemos observar el contenido de componentes bioactivos y capacidades antioxidantes presentes en la pulpa de Camu-camu y su variación con respecto a la exposición ultrasónica de 40 kHz de 0 a 10 minutos.

Tabla 5. Contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en la pulpa de camu camu madura fresca y sometidas a ultrasonido a 40 kHz en diferentes minutos.

Tiempo (min)	Ácido Ascórbico (mg.100 ⁻¹ g)	Polifenoles (mg.100 ⁻¹ g)	ABTS ⁺⁺ IC ₅₀ (µg.mL ⁻¹)	DPPH ⁺⁺ IC ₅₀ (µg.mL ⁻¹)	Mohos y Levaduras (UFC/g ⁻¹)
0	1993,39 ± 33,71 ^{ab}	739 ± 13,92 ^{cd}	2,56 ± 0,05 ^{ab}	9,74 ± 0,08 ^f	24 ± 18 ^a
1	2388,67 ± 172,01 ^a	761,80 ± 04,58 ^{fd}	2,71 ± 0,08 ^b	9,18 ± 0,12 ^{cd}	10 ± 3 ^{ab}
3	2241,50 ± 18,52 ^{ab}	794,90 ± 11,60 ^d	2,56 ± 0,03 ^{ab}	9,64 ± 0,14 ^{de}	11 ± 4 ^{ab}
5	2285,39 ± 67,56 ^{ab}	891,96 ± 07,41 ^{ab}	2,51 ± 0,01 ^a	7,56 ± 0,19 ^a	15 ± 4 ^{ab}
7	1562,41 ± 89,33 ^c	960,06 ± 07,82 ^a	2,66 ± 0,06 ^{ab}	8,24 ± 0,04 ^b	6 ± 2 ^b
10	1941,16 ± 93,04 ^{bc}	853,60 ± 15,07 ^c	2,62 ± 0,06 ^{ab}	8,89 ± 0,33 ^c	5 ± 5 ^b

*Desviación media y estándar de tres repeticiones. Las letras iguales en las columnas no difieren en la prueba de Tukey con un nivel de significación p <0.05.

El ácido ascórbico es el componente bioactivo de mayor interés en la pulpa de camu camu, y su preservación es importante en la elección y aplicación del método de conservación. El ultrasonido tiene efecto benéfico sobre su disponibilidad, incrementándose significativamente al tiempo de exposición de 1, 3 y 5 minutos. Observamos que no existe una diferencia significativa entre ellos, en los tratamientos de 7 y 10 minutos se observa una pequeña pérdida. Afirmamos que la exposición de 1 minuto de ultrasonido incrementó 19,83% en relación al testigo.

Refiriéndonos a los polifenoles, el tratamiento de 1 minuto con ultrasonido incrementó los niveles en la pulpa en 3% comparado con el testigo, para el tratamiento de 7 minutos aumenta en 29,9%, hecho que coincide con lo mencionado por Souza et al. (2019) y Kelly et al. (2019).

El incremento del contenido de polifenoles se debe a que este se encuentra en las células internas o externas del tejido, haciendo que la cavitación producida por el ultrasonido incremente su disponibilidad en el medio dominante, el agua (Mieszczakowska-Fraç et al., 2016). Se observa en la Tabla 5 también, que el tratamiento con 5 minutos de ultrasonido disminuye el IC₅₀ tanto para ABTS^{•+} como para DPPH^{•+}, consecuentemente el aumento de su capacidad reductora en 2% para ABTS y 23% para DPPH. (Muñoz et al., 2007; Kelly et al., 2019).

El análisis estadístico demostró que existe diferencia significativa ($p < 0,05$), en el contenido de polifenoles totales, ácido ascórbico, ABTS^{•+} y DPPH^{•+}, mientras que para el contenido de mohos y levaduras no existió diferencia significativa ($p < 0,05$) en 1, 3 y 5 minutos. Observando en forma general los resultados, escogimos el tiempo de tratamiento ultrasónico de 5 minutos considerando la prueba de Tukey y los mejores resultados en los valores de ABTS^{•+} y DPPH^{•+}.

El tratamiento con ultrasonido incrementó el contenido de ácido ascórbico, estudios demuestran que que la extracción asistida por ultrasonido produjo de 30% a 200% más recuperación de isoflavonas en frijoles de soya que el método de extracción tradicional por solventes con mezclado y agitación utilizando metanol a diferentes concentraciones (Azuola & Vargas, 2007; Šumic et al., 2016).

La variación de la capacidad antioxidante no solo viene dada por la suma de la actividad antioxidante de cada componente, sino también depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto, pudiendo interactuar entre sí, produciendo efecto sinérgico o inhibitorios, el estudio de los sistemas hidrofílico y lipofílico es importante para determinar la capacidad antioxidante de un extracto (Muñoz et al., 2007; Azevedo et al., 2018).

Una vez escogido el mejor tiempo de tratamiento por ultrasonido (5 minutos) pasamos a hacer un estudio de conservación a -20°C por 90 días bajo el efecto de este procedimiento.

En la Tabla 6 se observa los diferentes análisis que fueron estudiados en la pulpa de camu-camu tras la concentración a vacío hasta un 50% de su peso inicial y tratada con ultrasonido (40 kHz / 5 min) y almacenada a -20°C por 120 días.

El contenido inicial de ácido ascórbico, durante la conservación de la pulpa después del tratamiento con ultrasonido por 5 minutos y del almacenamiento (4 meses) se redujo hasta un 29,4%; siendo la luz el factor principal que favorecen la degradación del ácido ascórbico (Ramos et al., 2002).

Tabla 6. Contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en la pulpa madura de camu-camu tratada con ultrasonido (40 kHz / 5 min) y almacenada a -20°C por 120 días.

Mes	Ácido ascórbico (mg x 100 g ⁻¹)	Polifenoles Totales (mg x 100 g ⁻¹)	ABTS ^{•+} CI ₅₀ (mg x mL ⁻¹)	DPPH ^{•+} CI ₅₀ (mg x mL ⁻¹)	Mohos y Levaduras (UFC x g ⁻¹)
0	2285,39 ± 67,56 ^{ab}	892 ± 0,07 ^a	2,52 ± 0,02 ^a	7,56 ± 0,13 ^a	15,0 ^a
1	1872,94 ± 25,22 ^b	752 ± 0,05 ^b	2,52 ± 0,07 ^a	8,98 ± 0,34 ^b	6,0 ^{ab}
2	1578,39 ± 166,68 ^c	708 ± 0,27 ^c	2,66 ± 0,04 ^b	9,88 ± 0,10 ^c	1,0 ^{bc}
3	1598,61 ± 42,04 ^c	705 ± 3,61 ^c	2,61 ± 0,04 ^{ab}	10,87 ± 0,28 ^d	0,0 ^c
4	1518,53 ± 18,28 ^c	668 ± 7,77 ^d	2,56 ± 0,04 ^{ab}	11,28 ± 0,06 ^d	

* Desviación media y estándar de tres réplicas. Las letras iguales en las columnas no difieren en la prueba de Tukey con un nivel de significación p <0.05.

Con respecto a los polifenoles totales vemos que existe una pérdida de 25,11% en los 4 meses de almacenamiento y con referencia a ABTS la pérdida a su capacidad antioxidante es de 1,6% entretanto para el radical DPPH la pérdida es de 49,2% referente a su poder reductor.

Referente a los mohos y levaduras vemos que ya a los tres meses de almacenamiento la cantidad de microorganismos tiende a cero.

4. Conclusión

- La pulpa de camu-camu madura mostró el mayor contenido de ácido ascórbico y polifenoles totales con 2151 y 739 mg 100 g⁻¹ de pulpa fresca, respectivamente. También posee la mayor actividad antioxidante con valores de CI₅₀ de 2,94 y 7,34 µg mL⁻¹, para los radicales ABTS^{•+} y DPPH^{•+}.
- El método de concentrado al vacío incrementó el nivel de ácido ascórbico tiempo”0” testigo, en 91,55% con respecto a la pulpa madura fresca sin concentrar, mientras que, para los polifenoles totales, incrementó en 207,17 % con respecto a la pulpa madura no concentrada, llegando a una pérdida total de polifenoles en el cuarto mes de almacenamiento de tan sólo 6,6 % de su contenido inicial tiempo cero. No se observa una pérdida de su capacidad antioxidante.
- Para la pulpa tratada con ultrasonido, 5 minutos es el tiempo donde se observa los mejores resultados referente a sus compuestos bioactivos. El tratamiento con 5 minutos de ultrasonido disminuye el IC₅₀ tanto para ABTS^{•+} como para DPPH^{•+},

consecuentemente el aumento de su capacidad reductora en 2% para ABTS y 23% para DPPH.

- La pulpa que fue tratada con ultrasonido (40 kHz / 5 min) y almacenada a -20°C por 120 días pierde polifenoles totales en 25,11% en los 4 meses de almacenamiento, para ABTS la pérdida de antioxidante es de 1,6% y para el radical DPPH la pérdida es de 49,2%, para los mohos y levaduras tiende a cero durante el tiempo de conservación.
- Afirmamos que el tratamiento con ultrasonido aumenta su capacidad antioxidante y disminuye la proliferación microbiana durante el tiempo de almacenamiento.

Esta investigación enriquece los conocimientos referentes a esta fruta nativa de la región amazónica peruana y brasilera. Se recomienda hacer nuevas investigaciones extrayendo los antioxidantes de esta fruta por medio de solventes y dar valor agregado a los alimentos pobres en estos compuestos bioactivos por métodos de encapsulación.

Referencias

Aguiar, J. P. L., & Amaral Souza, F. C. A. (2018). Antioxidant capacidant and bioactive compounds and health benefits of camu-camu puree (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh). *International Journal of Development Research*, 8 (6), 20742-20745.

Association of Official Analytical Chemistry - AOAC. (1995). Official methods of analysis. (17th ed.). Gaithersburg.

Arellano-Acuña, E., Rojas-Zavaleta, I., & Paucar-Menacho, L. M. (2016). Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Fruta tropical de excelentes propiedades funcionales que ayudan a mejorar la calidad de vida. *Scientia Agropecuaria*, 7 (4), 433 – 443.

Azevedo, L., Ribeiro, P. F. A., Oliveira, J. A. C., Correia, M. G. C., Ramos, F. M., Oliveira, E. B., Barros, F., & Stringheta, P. C. (2018). Camu-camu (*Myrciaria dubia*) from comercial cultivation has higher levels of bioactive compounds than native cultivation (Amazon Forest) and presents antimutagenic effects in vivo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 624 –631.

Azuola, R., & Vargas, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología en Marcha*, 2007, 20. 30-40.

Bligh, E.G., & Dyer, W.J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37:911-917.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. Food Science and Technology*, 28,25-30.

Castro, J. C., Maddox, J. D., & Iman, S. A. (2018). Camu-camu-Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh. *Exotic Fruits*, 97-105.

Cunha-Santosa, E. C. E., Viganó, J., Neves, D. A., Martínez, J., & Godoy, H. T. (2019). Vitamin C in camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh): evaluation of extraction and analytical methods. *Food Research International*, 115, 2019, 160-166.

Fujita, A., Souza, V. B., Daza, L. D., Favaro-Trindade, C. S., Granato, D., & Genovese, M. I. (2017). Effects of Spray-Drying Parameters on In Vitro Functional Properties of Camu-Camu (Myrciaria dubia Mc. Vaugh): A Typical Amazonian Fruit. *Journal of Food Science*, 82 (5), 1083-1091.

Gökmen, V., Kahraman, N., Demir, N., & Acar, J. (2000). Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. *Journal of Chromatography*, 309–316.

Grigio, M. L., Chagas, E. A., Rathinasabapathi, B., Chagas, P. C., Da Silva, A. R. V., Sobral, S. T. M., & Oliveira, R. R. (2017). Qualitative evaluation and biocompounds present in different parts of camu-camu (Myrciaria dubia) fruit. *African Journal of Food Science*, 11(5), 124-129.

Indecopi: NTP 011.031. (2007). Productos naturales. Pulpa de camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh). *Definiciones y Requisitos*, 10.

Justi, K., Visentainer, J., De Souza, N., & Matsushita, M. (2000). Nutritional composition and vitamin C stability in stored Camu-Camu (Myrciaria dubia) pulp. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.: Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 50(4), 405-408.

Kelly, N. P., Kelly, A. L., & O'Mahony, J. A. (2019). Strategies for enrichment and purification of polyphenols from fruit-based materials. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 248–258.

López, A. (2004). Requerimiento nutricional de camu camu *Myrciaria dubia* H.B.K. *Informe Técnico*. IIAP Ucayali. 10.

Martínez-González, M. E., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A., Palomino-Hermosillo, Y. A., & López-Gúzman, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 4075-4087.

Monteiro, M. F., Aguilá, J. S., Pessoa, C. O., & Kluge, R. A. (2017). Vacuum packaging is efficient to remove astringency and to maintain the firmness of 'giombo' persimmon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39, 1-6.

Muñoz, A., Ramos, F., Alvarado, C., & Castañeda, B. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73, 142-149.

Neves, L. C., Campos, A. J., Cisneros-Zevallos, L., Ronan Carlos Colombo, R. C., & Roberto, S. R. (2017). Postharvest behavior of camu-camu fruits based on harvesting time and nutraceutical properties. *Scientia Horticulturae*, 217, 276–284.

Paula, L. C., Silva, F. A., Silva, E. P., Asquieri, E. R., & Damiani, C. (2019). Influence of preservation methods on the bioactivity of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Savannah. *Food Science and Technology*, 39(2), 403-409.

Ramos, Z., García, L., & Pinedo, M. (2002). Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria dubia* H.B.K. (Camu-camu) que reducen el contenido de Vitamina C (ácido ascórbico). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2 (2), 89 - 99.

Re, R., Pelligrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26, 1231-1237.

Rodrigues, I.C.; Asquieri, E.R.; Silva, A.G.M.S.; Damiani, C. (2020). Estudio del procesamiento de la mermelada de sandía enriquecida con extractos de jabuticaba y extracto de semilla de chía: características físico-químicas y potencial antioxidante. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 5, 1-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.2934>

Rodrigues, L. M., Romaninia, E. B., Silva, E., Pilau, E. J., Costa, S. C., & Madrona, G. S. (2020). Camu-camu bioactive compounds extraction by ecofriendly sequential processes (ultrasound assisted extraction and reverse osmosis). *Ultrasonics - Sonochemistry*, 64, 1-8.

Rodriguez, R., & Marx, F. (2006). Camu camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh]: a promising fruit from the Amazon Basin. *Ernährung-Nutrition*, 30 (9), 376 – 381.

Silva, T. L. L., Silva, E. P., Asquieri, E. R., Vieira, E. C. S., Silva, J. S., Silva, F. A., & Damiani, C. (2018). Physicochemical characterization and behavior of biocompounds of cajamanga fruit (*Spondias mombin* L.). *Food Science and Technology*, 38(3): 399-406.

Souza, A. L. R., Pagani, M. M., Dornier, M., Gomes, F. S., Tonon, R. V., & Cabral, L. M. C. (2013). Concentration of camu–camu juice by the coupling of reverse osmosis and osmotic evaporation processes. *Journal of Food Engineering*, 119, 7–12.

Souza, F. C. A., Moura, L. G. S., Bezerra, K. O., Aguiar, J. O. L., Mar, J. M., Sanches, E. A., Santos, F. F., Bakry, A. M., Paulino, B. N., & Campelo, P. H. (2019). Thermosonication applied on camu–camu nectars processing: Effect on bioactive compounds and quality parameters. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 212–218.

Šumic, Z., Vakula, A., Tepic, A., Cakarevic, J., Vitas, J., & Pavlic, B. (2016). Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 203, 465–475.

Tyl, C., & Sadler, G. D. (2017). pH and Titratable Acidity. *Food Analysis*, 389–406.

Villela, G. G.; Bacila, M.; & Tastaldi, H. (1973). Técnicas e experimentos de bioquímica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Villanueva-Tiburcio, J. E., Condezo-Hoyos, L. A., & Asquiere, E. R. (2010). Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 151-160.

Zapata, S., & Dufour, J. (1993). Camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) Chemical Composition of Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 349 - 351.

Zillo, R. R., Silva, P. P. M., Spoto, M. H. F., & Martin, J. G. P. (2019). Camu-camu harvested with reddish-green peel preserves its physicochemical characteristics and antioxidant compounds during cold storage. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, 1-10.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Pedro Pablo Peláez Sánchez – 20%

Eduardo Ramirez Asquiere – 15%

Manuel Augusto Mariñas Pérez – 20%

Carmen Imelda Páucar Lomas – 20%

Rayssa Dias Batista – 15%

Elaine Meire de Assis Ramirez Asquiere – 10%