



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

“Evaluación de la Estabilidad Química del Fruto de Camu Camu (*Myrciaria
dubia* H.B.K. Mc Vaugh) obtenido en un Deshidratador Dual”.

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Química

AUTOR:

Turin Villegas, Helen Kristel

ASESOR:

MSc. Castañeda Pérez, Luz

JURADOS:

Mg. Lezama Vigo, Helmer

Q.F. Fernández Arroyo, Carmen

Qco. Pumachagua Huertas, Rodolfo

Mg. Rodríguez Mejía, Jorge

LIMA – PERÚ
2018

DEDICATORIA

A mi esposo Raúl, por su amor y apoyo incondicional.

A mi pequeño hijo Mathias Raúl por llenar mis días de tiernos besos y abrazos.

A mi querida tía Emma, por su amor y confiar siempre en mí, deseándome lo mejor en el transcurso de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a mi tío Sergio Turin por confiar en mí y permitirme ser parte del Proyecto de Innovación FINCyT de la cual se desarrolla mi Tesis.

A mi asesora Ing. Luz Castañeda Pérez por toda la colaboración brindada, durante la elaboración del presente trabajo.

Al Decano de la Facultad de Ingeniería Química de la “Universidad Nacional del Callao” Ing. Luis Carrasco Venegas por su apoyo, gentileza y permitirme realizar mis ensayos en dicha casa de estudios.

Agradezco también a aquellos profesores y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Química de la “Universidad Nacional del Callao” por brindarme su apoyo en el tiempo que se desarrolló este trabajo.

ÍNDICE

Pág.

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1. ANTECEDENTES	4
3.2. GENERALIDADES.....	7
3.2.1. CAMU CAMU	7
3.2.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	7
3.2.1.2. CLASIFICACIÓN.....	7
3.2.1.3. MORFOLOGÍA	8
3.2.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	9
3.2.1.5. COSECHA Y POST-COSECHA.....	10
3.2.1.6. METODOS DE COSECHA.....	12
3.2.1.7. PROCESAMIENTO DEL FRUTO.....	13
3.2.1.8. USOS	16
3.2.2. VITAMINA C.....	17
3.2.3. COMPUESTOS FENÓLICOS.....	18
3.2.4. ANTOCIANINAS.....	19
3.2.4.1. FACTORES QUE AFECTAN EL COLOR Y LA ESTABILIDAD DE LAS ANTOCIANINAS22	
3.2.5. DESHIDRATADOR DUAL.....	24

	Pág.
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1. MATERIA PRIMA	26
4.2. CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO	26
4.3. EQUIPOS	26
4.4. MATERIALES	26
4.5. REACTIVOS.....	27
4.6. MÉTODOS	28
4.6.1. TRATAMIENTO DEL FRUTO PREVIO AL ANÁLISIS	28
4.6.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA C. MÉTODO BASADO EN LA REDUCCIÓN DEL COLORANTE 2,6-DICLOROFENOLINDOFENOL.....	30
4.6.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES MEDIANTE EL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DE FOLIN-CIICALTEU.....	33
4.6.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS TOTALES MEDIANTE EL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DEL PH DIFERENCIAL.....	38
4.6.5. ANÁLISIS DE DATOS.....	43
V. RESULTADOS	44
VI. DISCUSIÓN	51
VII. CONCLUSIONES	55
VIII. RECOMENDACIÓN.....	56
IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	57
X. ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla N°1. Composición química y nutricional por 100 g. de pulpa de Camu camu maduro.....	9
Tabla N°2: Contenido de vitamina C (mg/100g) en la pulpa de algunas frutas.....	10
Tabla N°3. Contenido de Ácido ascórbico (mg/100 g) en camu camu fresco.....	44
Tabla N°4. Contenido de Ácido ascórbico (mg/100 g) en camu camu deshidratado.....	44
Tabla N°5. Porcentaje obtenido de ácido ascórbico en el camu camu deshidratado...	45
Tabla N°6. Contenido de Polifenoles totales (mg AG/100 g) en muestra de camu camu fresco.....	46
Tabla N°7. Contenido de Polifenoles totales (mg AG/100 g) en muestra de camu camu deshidratado.....	47
Tabla N°8. Porcentaje obtenido de Compuestos fenólicos totales en el camu camu deshidratado	47
Tabla N°9. Contenido de Antocianinas totales (mg/100 g) en muestra de camu camu fresco.....	48
Tabla N°10. Contenido de Antocianinas totales (mg/100 g) en muestra de camu camu deshidratado.....	48
Tabla N°11. Porcentaje obtenido de Antocianinas totales en el camu camu deshidratado	48
Tabla N°12. Valores de ácido ascórbico (mg/100g) obtenido.....	49
Tabla N°13. Valores de Polifenoles totales (mg AG/100 g) obtenidos	50
Tabla N°14. Valores de Antocianinas totales (mg/100 g) obtenidos	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Fig. 1: Mecanismo del Secado Asistido Infrarrojo.....	6
Fig. 2: Planta de Camu camu	8
Fig. 3: Frutos de Camu camu en diferentes estados de madurez.....	11
Fig. 4: Selección del Fruto de Camu camu.....	14
Fig. 5: Despulpado del Fruto de Camu camu.....	15
Fig. 6: Flujo de proceso para el fruto de Camu Camu.....	16
Fig. 7: Estructura de la Vitamina C o Ácido Ascórbico.....	18
Fig. 8: Inactivación de radicales libres a partir de compuestos fenólicos.....	19
Fig. 9: Estructura química general de las antocianinas.....	20
Fig. 10: Estructura Química del Ión flavilio.....	20
Fig. 11: Características estructurales y espectrales de las antocianinas dependiendo de los sustituyentes que contengan.....	21
Fig. 12: Estructuras predominantes de antocianinas a diferentes niveles de pH.....	22
Fig. 13: Prototipo del Deshidratador Dual.....	25
Fig. 14: Lavado y desinfección del camu camu.....	28
Fig. 15: Despulpado del camu camu.....	28

Fig. 16: Cáscara y pulpa de camu camu, en las bandejas de acero para el deshidratado.....	29
Fig. 17: Pulpa y cáscara de camu camu en el proceso de deshidratación.....	29
Fig. 18: Reducción del colorante 2,6-DCFIF por L-ácido ascórbico a una solución incolora.....	30
Fig. 19: Extracto de vitamina C luego de ser centrifugadas.....	31
Fig. 20: Mecanismo de reacción de compuestos fenólicos y el reactivo de Folin-Ciocalteu.....	34
Fig. 21: Extracción de la muestra deshidratada de camu camu con los agentes extractantes.....	35
Fig. 22: Filtración del extracto fenólico obtenido de la muestra deshidratada de camu camu.....	35
Fig. 23: Purificación de compuestos fenólicos.....	36
Fig. 24: Purificación de los compuestos fenólicos a través del cartucho C-18.....	37
Fig. 25: Estructura química de la cianidina-3-glucósido.....	38
Fig. 26: Muestras puestas en agitación con metanol acidificado al 1% con TFA.....	40
Fig. 27: Extracto metanólico de antocianinas luego de ser centrifugadas.....	40
Fig. 28: Purificación de antocianinas.....	41
Fig. 29: Curva estándar de ácido gálico.....	59
Fig. 30: Diagrama de niveles de energía en una molécula.....	62
Fig. 31: Espectro electromagnético.....	63
Fig. 32: Partes de un espectrofotómetro.....	67

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el contenido de polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu, también se evaluó el contenido de vitamina C que se realizó mediante titulación con 2,6 Diclorofenolindofenol, y el contenido de antocianinas totales mediante el método de pH diferencial, en el fruto fresco (pulpa y cáscara) y deshidratado de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh), en diferentes estados de madurez. El análisis de la estabilidad química fue realizado en un periodo total de 5 meses, con intervalos de 1 mes. Los resultados de las evaluaciones de cada experimento fueron expresados por los promedios de las repeticiones \pm las desviaciones estándar.

La muestra fresca de camu camu mostró una concentración de 2477.17 ± 5.50 mg de Ác. Gálico/ 100 g para los polifenoles totales, 1374.93 ± 5.54 mg de ácido ascórbico/ 100g de Vitamina C y un valor de 104.89 ± 3.24 mg de cianidina-3-glucósido/100 g para la antocianinas totales. Mientras que en la muestra deshidratada se obtuvieron valores de 865.81 ± 6.64 mg de Ác. Gálico/100 g de compuestos fenólicos totales, 484.07 ± 5.76 mg de ácido ascórbico /100g para la vitamina C y un valor de 32.87 ± 0.32 mg de cianidina-3-glucósido/100 g de antocianinas totales.

Palabras-clave: Camu-camu, Vitamina C, Contenido total de fenoles, Antocianinas, Folin-Ciocalteu, 2,6 Diclorofenolindofenol, pH diferencial.

ABSTRACT

In this paper the total polyphenol content was evaluated by the Folin-Ciocalteu method, the content of vitamin C was performed by titration with 2,6-dichloroindophenol, and the content of total anthocyanins was evaluated by the method of differential pH, in fresh fruit (pulp and peel) and dried of camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) in different stages of maturity. The chemical stability analysis was performed in a total period of 5 months with intervals of 1 month. The results of evaluations of each experiment were expressed by the average of repetitions \pm standard deviations.

Fresh camu camu sample showed a concentration of 2477.17 ± 5.50 mg of Gallic acid / 100 g for total polyphenols, 1374.93 ± 5.54 mg ascorbic acid / 100 g of vitamin C and a value of 104.89 ± 3.24 mg cyanidin-3-glucoside / 100 g for total anthocyanins. While in the dehydrated sample were obtained values of 865.81 ± 6.64 mg of Gallic acid / 100 g of total phenolic compounds, 484.07 ± 5.76 mg ascorbic acid / 100g for vitamin C and a value of 32.87 ± 0.32 mg of cyanidin-3-glucoside / 100 g total anthocyanins.

Keywords: camu camu, vitamin C, total polyphenol content, anthocyanins, *Folin-Ciocalteu*, *2, 6 Dichloroindophenol*, differential pH.

I. INTRODUCCIÓN

El Camu camu, es un fruto que está distribuido en la cuenca occidental del río Amazonas, a partir de la cual se halla en zonas de la Amazonia Peruana, Colombiana, Brasileira, Venezolana y que su hábitat natural es el bosque aluvial inundable. Además, que, siendo una especie ribereña, puede quedar sumergida totalmente durante 4 a 5 meses al año. Se conoce también que se adapta fácilmente a suelos con buen drenaje y regímenes hídricos con sequía de hasta 02 meses (Villachica *et al.*, 1998).

Este fruto conocido científicamente como *Myrciaria dubia* (H.B.K.) no siempre ha sido una especie apreciada económicamente. Durante décadas solo era consumida por las comunidades nativas asentados en la Amazonía para dar de comer a los animales o en la preparación de jugos domésticos. Sin embargo, hace dos décadas diversos estudios demostraron científicamente que el Camu camu contiene más vitamina C que cualquier otra fruta conocida en el planeta (oscila entre 1,800 y 2,800 mg. por 100 grs. de pulpa de Camu camu). Este alto contenido de ácido ascórbico lo hace muy importante en la industria farmacéutica y la Agroindustria, generando un interés creciente, pues se sabe según Natura (1999), que la vitamina C interviene en la totalidad de nuestros metabolismos: síntesis del colágeno, síntesis hormonales, estimulación de la cicatrización y propiedades antioxidantes por lo que neutraliza los radicales libres. Además, Taylor (2001), señala que el Camu camu posee propiedades astringentes, antiinflamatorias, nutritivas y se caracteriza por contener niveles destacables de beta caroteno, calcio, hierro, niacina, fósforo, riboflavina, tiamina.

No obstante, la inestabilidad de la vitamina C en la actualidad, es considerada el principal “problema” dentro de la cadena de producción de pulpa. Pues como se sabe: la vitamina C, es probablemente la menos estable de las vitaminas hidrosolubles. En especial es lábil al calentamiento en presencia de oligometales como el cobre. En solución se degrada, además el ácido ascórbico se oxida fácilmente en presencia de oxígeno y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura. Así mismo se sabe de la pérdida del color característico del Camu camu debido a la oxidación de las antocianinas.

Estas consideraciones han llevado a pensar en procesos adecuados para el tratamiento de este fruto, pues además de la vitamina C, su calidad también radica en el color de la pulpa, sabor y aroma, cuya conservación exige cuidados especiales en su manufactura, que permita aprovechar al máximo sus particularidades.

Generalmente la fruta y/o productos que se obtienen son comercializados en forma de pulpa congelada concentrada, néctares, refrescos, deshidratados, helados; mostrando muy buenas perspectivas bajo la forma de polvo deshidratado, sin embargo, se hace necesario encontrar las técnicas más apropiadas a fin de obtener productos estables de alta calidad.

Para el presente estudio se realizó la caracterización química en pulpa y cáscara deshidratada de Camu camu (en diferentes estados de maduración) obtenido en un Deshidratador Dual.

II. OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de la Estabilidad Química del fruto de camu camu obtenido en un deshidratador dual.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Cuantificar el contenido de vitamina C en pulpa y cáscara deshidratada de camu camu en diferentes estados de maduración.
- Cuantificar el contenido de antocianinas totales en pulpa y cáscara deshidratada de camu camu en diferentes estados de maduración.
- Cuantificar el contenido de polifenoles totales en pulpa y cáscara deshidratada de camu camu en diferentes estados de maduración.
- Analizar la estabilidad química del fruto respecto a otros frutos similares obtenidos con deshidratadores tradicionales.

III. MARCO TEÓRICO

3.1- ANTECEDENTES

Ramos *et al.*, (2002) evaluaron la influencia de diferentes factores sobre la conservación de la Vitamina C en pulpa de Camu camu en el tiempo. Siendo estos: temperatura de conservación (-5°C, -10°C, -17° a -22°C), métodos de congelación, métodos de concentración (ebullición a presión atmosférica y Liofilización), tratamientos del fruto (como fruto congelado, fruto escaldado-pulpeado-congelado y fruto escaldado-congelado), tiempo de conservación (1, 2, 3, 4 meses), así como la evaluación de las características organolépticas. Los análisis de vitamina C, lo realizaron mediante titulación con 2,6 Diclorofenol-indofenol, con una frecuencia mensual, obteniendo una mayor estabilidad de la Vitamina C congelando el fruto sin tratamiento previo, pues se registró una pérdida de sólo 3.8% a diferencia de los demás tratamientos con pérdidas de 18.4 a 24.6% al término de la evaluación (4 meses). Mientras que entre las técnicas de concentración de pulpa de Camu camu, la más eficiente fue la Liofilización, que concentró en 16 veces la vitamina C, observándose que la pérdida de ésta es debido a la humedad absorbida principalmente y no al tiempo de almacenamiento. La mejor temperatura de almacenamiento fue de -17°C a -22°C previo tratamiento de la pulpa mediante congelamiento rápido a temperatura menor de -20°C.

Por otro lado Sotero *et al.*, (2008) realizaron la evaluación de la actividad antioxidante, mediante el secuestro de radicales libres del DPPH y la determinación de la concentración de compuestos fenólicos y ácido ascórbico, mediante el método espectrofotométrico y por cromatografía de HPLC, donde observaron que los mejores resultados en cuanto a la actividad antioxidante la presentó la cáscara de camu camu con IC50 de 146,94 µg/ml, seguido de la pulpa con 167,67 µg/ml y con menor actividad la semilla con 399,77 µg/ml. Las mejores concentraciones para compuestos fenólicos se obtubieron en pulpa seca (23168,0 mg/100g) y en cáscara seca (17905,5 mg/100g). Las concentraciones de ácido ascórbico en peso seco, reportaron la mayor concentración en pulpa: 14337,94 mg/100g y cáscara: 10506,37 mg/100g, siendo inferior en semilla: 87,08 mg/100g. En la pulpa y cáscara del camu camu se encontraron ácido clorogénico, catequina, epicatequina y rutina, destacando la catequina en cáscara con 47,29 mg/100g.

Autores como Rojas, T. y Alegría, M. (2009) hicieron un estudio sobre la influencia de los encapsulantes (Goma Arábica y Dextrina) en la calidad del camu camu liofilizado, obteniendo mejores resultados con 1,0 % de Goma Arábica, debido a que el producto obtenido presento mayor porcentaje de Ácido Ascórbico (17128,20 mg %) así como características sensoriales de sabor aceptable y color agradable, además un alto rendimiento (92,15%) y menor contenido de humedad residual (4,34%) respecto a la Dextrina.

Según Villanueva *et al.*, (2009) en la evaluación del contenido de antocianinas, ácido ascórbico, y polifenoles totales, en la cáscara fresca y seca de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh) en diferentes estados de madurez; obtuvieron como resultado que el extracto de cáscara de la muestra madura fresca mostró las concentraciones más elevadas de ácido ascórbico y antocianinas en relación al pintón y verde, con 21,95 mg.g⁻¹ cáscara, y 46,42 mg.L⁻¹ de cianidin-3-glucósido, respectivamente, mientras que el extracto de la cáscara seca del pintón mostró el mayor valor de ácido ascórbico y polifenoles totales con 53,49 mg/g muestra y 7,70 mg de Ac. Gálico/g muestra.

Torres, V. (2010) realizó una caracterización química a la pulpa seca de camu camu liofilizado obteniendo como resultado 1.733,33 mg/100 g de Vitamina C, 1,67 mg/100 g de Polifenoles totales y 0,85 mg/100 g de Antocianinas.

Por otra parte, Salgado *et al.*, (2012) realizaron un estudio a la pulpa fresca y liofilizada de tres accesiones de Camu camu colombiano obteniendo como contenido de polifenoles totales en las muestras de pulpa fresca 1292.028, 1476.405, 1307.291 mgGAE/100 g de pulpa y liofilizada 1187.119, 1385.549, 1188.573 mgGAE/100 g de pulpa reconstituída. Para la cáscara fresca los resultados fueron 1307.776, 1439.335, 1400.328 mgGAE/100 g y para la liofilizada 1501.602, 1809.543, 1665.143 mgGAE/100 g de muestra reconstituida.

Por otro lado, no existen investigaciones relacionadas con deshidratar adecuadamente productos como el Camu Camu, pero se ha venido desarrollando tecnologías avanzadas de secado, tales como el suministro de calor a través de infrarrojo, que permiten, por ejemplo, disminuir los tiempos de secado (Jangam *et al.*, 2011) y preservar las características del producto deshidratado, siendo así un *Secado asistido infrarrojo*.

Autores como Azfal *et al.*, (1999) demostraron que se pueden lograr importantes ahorros de energía aplicando un secado asistido infrarrojo. Este aspecto es de suma importancia para la industria alimentaria ya que se pueden reducir costos, tiempos de secado y temperaturas de operación (Krishnamurthy *et al.*, 2008).

La siguiente figura muestra la representación conceptual del mecanismo del secado asistido infrarrojo:

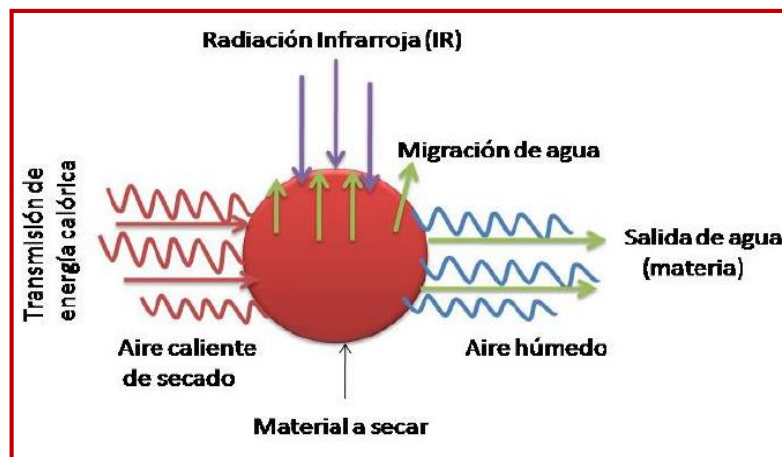


Fig. 1: Mecanismo del Secado Asistido Infrarrojo

Cuando el material es expuesto a radiación infrarroja, se afecta la superficie del material y la radiación penetra. El aumento en la vibración molecular debida a la absorción de radiación genera calor en el material tanto en la superficie como en las capas internas en forma simultánea. El rápido calentamiento del material, aumenta la tasa de movimiento de humedad hacia la superficie. El flujo de aire convectivo remueve la humedad de la superficie y disminuye su temperatura, lo que resulta en una transferencia de mayor calor (Hebbar *et al.*, 2004).

Respecto a la calidad final de los productos obtenidos, existen evidencias que demuestran que parámetros como color, textura y composición química en alimentos no sufren modificaciones significativas durante el secado asistido infrarrojo. Tuncel *et al.* (2010) demostraron que la radiación infrarroja aplicada en el secado asistido de maíz, no tuvo ningún impacto negativo en el contenido total de carotenoides, color o presencia de ácido fenólicos.

Por otra parte, Boudhrioua *et al.* (2008) obtuvieron resultados que indican una conservación y/o mejora en el color verde de hojas de oliva deshidratadas con esta técnica, además de la preservación y/o aumento de compuestos antioxidantes. Shi *et al.* (2008) concluyeron que aplicando un secado infrarrojo se obtenían arándanos mucho más firmes en comparación a los obtenidos con un secado convencional por aire.

Autores como Hebbar (2004), demuestran que aplicando un secado asistido infrarrojo se obtienen mayores tasas de transferencia de materia, reducción de los tiempos de secado en forma drástica (48%) y menor consumo de energía (63%) en comparación al secado convencional.

3.2- GENERALIDADES

3.2.1- Camu camu

3.2.1.1- Origen y Distribución

El Camu camu es una fruta originaria de la región amazónica, esta especie crece de manera natural en los lagos, cochas y zonas ribereñas de poca velocidad, de aguas negras y claras con pH ácido. Se encuentra en estado silvestre en forma de rodales naturales en Perú, Brasil, Colombia, Venezuela y Ecuador. Estas poblaciones naturales están sometidas a las inundaciones estacionales de los ríos y que, siendo una especie ribereña, puede quedar sumergida totalmente durante 4 a 5 meses al año. Sin embargo, se conoce que también se adaptan fácilmente a suelos con buen drenaje y regímenes hídricos con sequía de hasta 02 meses (Correa, 2001; Klinar *et al.*, 2009).

Su mayor concentración y diversidad se encuentra en la Amazonía peruana. La región de Loreto (principalmente Iquitos y Pucallpa); presenta las condiciones medio ambientales ideales para el crecimiento y desarrollo de este frutal, es así que las mayores poblaciones naturales de Camu camu encontradas, se ubican en esta región (Correa y Aldana, 2007).

3.2.1.2- Clasificación

La clasificación botánica según Ascuña *et al.* (1997) es la siguiente:

- Tipo: *Fanerógamas*
- Sub. tipo: *Angiospermas*

- Clase: *Dicotiledónea*
- Orden: *Myrtales*
- Familia: *Myrtaceae*
- Género : *Myrciaria*
- Especie: *Dubia H.B.K. Mc Vaugh*

La especie *Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh es conocida con los siguientes nombres comunes: camu camu en Ecuador y Perú; camo camo, cacari y arazá de agua en Brasil (Taira, 2006).



Fig. 2: Planta de Camu camu
Fuente: Chang (2013).

3.2.1.3- Morfología

El Camu camu es un arbusto que mide 4 a 8 m de altura, con una ramificación que se inicia desde la base. El tallo y las ramas son cilíndricos, lisos, de color marrón claro o rojizo, con una corteza que se desprende cumplido su ciclo (Chang, 2013).

Los frutos son de color rosado hasta granate oscuro, presentan cuatro estados de maduración, verde (0 % de color granate), verde pintón (25 a 50 % de coloración granate), pintón (50 a 75 % de coloración granate) y el estado maduro (mayor de 75 % de coloración granate). El peso del fruto varia en rangos que van desde 4 a 8 gramos, con dos a tres semillas por fruto. Las semillas son de color marrón, aplanadas cubiertas por fibrillas de color blanco (James y Penn, 2006).

3.2.1.4- Composición Química

La composición química del Camu camu en 100 g de pulpa es la siguiente: agua 94.4 g, proteína 0.5 g, carbohidratos 4.7 g, grasa 0.1 g, ceniza 0.2 g, fibra 0.6 g, fósforo 17.0 mg, calcio 27.0 mg, hierro 0.5 mg, tiamina 0.001 mg, riboflavina 0.04 mg, niacina 0.062 mg, ácido ascórbico total 2.994 mg.

En la tabla N°1 se muestra la composición química y nutricional para 100 g. de pulpa de camu camu maduro.

Tabla N°1. Composición química y nutricional por 100 g. de pulpa de camu camu maduro.

Componente	Unidad	Valores
Calorías	Cal.	16.00
Humedad	%	94.40
Proteína	g.	0.50
Carbohidrato	g.	4.70
Fibra	g.	0.60
Ceniza	g.	0.20
Calcio	mg.	27.00
Fósforo	mg.	17.00
Hierro	mg.	0.50
Serina	mg.	29.90
Valina	mg.	9.90
Leucina	mg.	9.00
Glutamato	mg.	8.80
Aminobutano	mg.	7.10
Prolina	mg.	4.30
Fenilalanina	mg.	1.70
Treonina	mg.	2.00
Alanina	mg.	1.70
Tiamina (Vit. B1)	mg.	0.10
Riboflavina (Vit. B2)	mg.	0.04
Niacina (Vit. B5)	mg.	0.62
Ácido ascórbico total.	mg.	2994.00

Fuente: Zapata-Dufour (1993), Villachica *et al.* (1998).

La principal característica del camu camu es el alto contenido de vitamina C que oscila entre 1.80 y 2.80 g por 100 grs. de fruta. Se considera como la fruta de más alto contenido de Vitamina C en el mundo. Comparada con la naranja, el Camu camu proporciona 30 veces más vitamina C, 10 veces más hierro, 3 veces más niacina, dos veces más riboflavina, y cincuenta por ciento más fósforo (Villanueva *et al.*, 2009).

En la Tabla N° 2 se presenta el contenido de vitamina C en algunas frutas.

Tabla N°2: Contenido de vitamina C (mg/100g) en la pulpa de algunas frutas.

Fruta	Ácido Ascórbico
Piña	20.00
Maracuyá	22.00
Fresa	42.00
Limón	44.00
Guayaba	60.00
Naranja	92.00
Acerola	1300.00
Camu camu	2780.00

Fuente: Villachica (1996).

El color rojo del fruto de camu camu es originado por antocianinas que se encuentran en la cáscara. La responsable del color rojo y principal antocianina del camu camu es la cianidina-3-glucósido que representa el 90% del total de antocianinas. El fruto maduro de camu camu es muy delicado y perecible debido a su contenido de agua que llega al 90% y su contenido de vitamina C (Chang, 2013).

El camu camu, además de ser una importante fuente de Vitamina C natural, también contiene compuestos polifenólicos a los que se les atribuye acción antioxidante, tales como flavonoides (principalmente flavonoles, antocianinas y catequinas), ácido elágico, ácido clorogénico, ácido cafeico y ácido ferúlico (Villanueva *et al.*, 2009).

3.2.1.5- Cosecha y Post-cosecha

Autores como López y Vega (2000), indican que el estado de madurez tiene una relación directa con el contenido de vitamina C y otros factores nutritivos. En consecuencia, es evidente la relación de la calidad de la cosecha y el valor de la producción y para obtener un mayor valor agregado se recomienda:

- Cosechar solamente los frutos maduros y pintones.
- Contar con un Centro de Acopio lo más cerca posible a las zonas de cosecha.
- Transportar lo más rápido posible a la planta de proceso.

Para caracterizar objetivamente los grados de maduración, se menciona 4 niveles, los cuales se identifican como sigue:

Estado 5: Verde (V)

Estado 6: Verde Pintón (VP)

Estado 7: Pintón Maduro (PM)

Estado 8: Maduro (M)

El estado recomendable para grandes volúmenes de cosecha es el Estado 7 (Pintón Maduro) o sea, antes de su madurez total, dejando los verdes y verde pintones para una cosecha próxima. Para efectos de color del producto conviene que parte de la cosecha (aproximadamente un 30%), se encuentre en estado 8 (Maduro). Esta fracción de fruto maduro puede ser mayor en la medida en que el procesamiento se realice en corto tiempo después de la cosecha.

La cosecha de los frutos se realiza de forma manual. Si los frutos son destinados a la comercialización, deben alcanzar el estado de maduración de "pintón" (50 a 75 % de coloración granate).

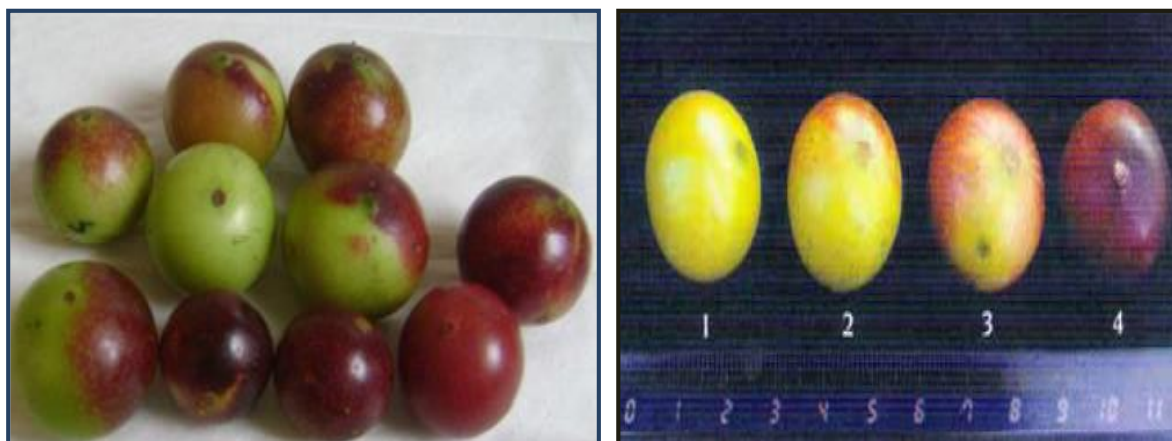


Fig. 3: Frutos de Camu camu en diferentes estados de madurez: 1. verde
2. verde-pintón, 3. pintón-maduro y 4. maduro

Fuente: Pinedo *et al.* (2001), Vega (2002).

No es aconsejable cosechar frutos verdes pintones o sobre maduros, por presentar unos, menor concentración de ácido ascórbico y otros, alta fragilidad y ser altamente fermentables. Se debe evitar en todo momento la exposición de los frutos a los rayos solares.

En las poblaciones naturales, la fruta se cosecha en botes y canoas debido principalmente a que la actividad coincide con la crecida de los ríos y cochas, recolectando los frutos a mano, principalmente sacudiendo las ramas (Vega, 2002).

En plantaciones, la cosecha se efectúa por arbustos, recolectando solamente los frutos pintones y maduros, colocando los frutos en una canasta de mimbre sujeto a la cintura.

Inmediatamente después de cosechados los frutos, se debe proceder al embalaje, utilizando recipientes con una capacidad no mayor a 10 kg para evitar el deterioro. El fruto cosechado es bastante perecedero, por lo que se debe proteger del sol y de la lluvia, de lo contrario la pulpa se deshace y la cáscara pierde su color granate debido al proceso de oxidación (Rubio, 2000).

3.2.1.6- Métodos de Cosecha

a. Directa

Consiste en el desprendimiento directo de la fruta, en forma selectiva y manual, según el avance de su maduración. En este proceso, las frutas son depositadas directamente en las cajas cosecheras y se debe los siguientes cuidados:

- No cosechar frutos verdes o verdes pintones o sobre maduros.
- No incluir frutos infestados por alguna plaga, ni los dañados o quebrados.
- No ocasionar el desprendimiento de hojas ni rotura de ramas.

b. Por sacudida del árbol

Consiste en mover las ramas fructíferas o sacudir el mismo arbusto, ocasionando la caída de los frutos, logrando una cosecha relativamente rápida, sin embargo, ocurren serios inconvenientes como:

- No es una cosecha selectiva, por cuanto al sacudir las ramas, caen con la misma facilidad, tanto frutos verdes como maduros y sobremaduros.

-Al caer los frutos en forma violenta, sufren deterioros que rompen la cáscara, facilitando la entrada de elementos patógenos y consecuentemente una rápida descomposición de la fruta.

Pueden emplearse alternativamente mantas que colocadas en el suelo reciban la fruta desprendida, la manta debe tener material amortiguador (dunlopillo) para proteger del impacto de la caída a los frutos. No debe permitirse que los frutos se amontonen porque al caer unos sobre otros se producirían también roturas de la cáscara. Luego de la cosecha, se trasladará la fruta cuidadosamente a la caja cosechera.

Existe en el mercado nacional el tipo de malla Elaion Strong en red de monohilo de polietileno estabilizado que es ideal para la cosecha de frutos de caída natural como el camu camu, las cuales pueden ser extendidas bajo los árboles y dejadas hasta la última "pasada" de cosecha, incluso cuando ésta se realiza en condiciones de inundación (Vega, 2002).

3.2.1.7- Procesamiento del Fruto

a. Recepción

La recepción de los frutos en la planta industrial, es en recipientes apropiados, a fin de evitar daños en los frutos maduros, de preferencia conteniendo aproximadamente 10,0 kg. Los frutos antes de ser recepcionados, son inspeccionados para evaluar su estado de maduración, peso, calidad y designar los procesos de selección, lavado y desinfectado.

b. Selección, Lavado y desinfectado

Al seleccionar los frutos, se eliminan tierra, suciedad, materiales extraños y otros contaminantes de las frutas y son separados y/o se eliminan los frutos que no reúnen las características deseadas, como los sobremaduros y malogrados. Esta operación se realiza en forma manual y en las empresas utilizan fajas transportadoras. Es una operación muy importante porque evita el ingreso de productos en mal estado, conteniendo microorganismos que alteran la calidad de pulpa procesada.

Utilizar agua potable, luego sumergir los frutos en agua clorada (50-100 ppm de Cl) u otro bactericida o fungicida, por inmersión o aspersión manual y agitado mecánico según el volumen.

A continuación, se efectúa el pre-lavado, el lavado y el desinfectado. En la etapa de pre-lavado se eliminan las partículas extrañas adheridas a la fruta y en la siguiente etapa se lava y desinfecta utilizando una solución comercial de Kilol de 200 a 400 ppm, Dodigen u otro producto orgánico que actúa como desinfectante (Vega, 2002).



Fig. 4: Selección del Fruto de Camu camu.
Fuente: Vega (2002).

c. Pulpeado

La fruta desinfectada, es enviada al despulpado, que puede ser manual o mecánico, principalmente dependiendo de las cantidades de fruta a procesar. Si no se va a pulpear toda la fruta, una parte se puede almacenar en un recipiente a una temperatura entre 0 y 5°C hasta iniciar un procesamiento. La fruta lavada pasa por una pulpeadora con tamiz de acero inoxidable de 1,5 mm con el objeto de separar la pulpa de la semilla y cáscara.

Los rendimientos más rentables de las operaciones de pulpeado, varían entre 50-64% de pulpa entera. Según estos procedimientos, el rendimiento acostumbrado para el camu camu es aproximadamente del 50 % en pulpa, pudiendo llegarse hasta un 60% en los mejores casos; el resto está formado por cáscaras, semillas y pérdidas. Este mismo criterio podría aplicarse para otras frutas procesadas en forma similar (Vega, 2002).



Fig. 5: Despulpado del Fruto de Camu camu.
Fuente: Vega (2002).

d. Refinado

La pulpa entera, es pasada a través de una malla refinadora de 0.8 mm para obtener una pulpa de consistencia homogénea, compuesta de partículas pequeñas, de color, olor y sabor característicos de la fruta.

En una empresa de porte medio y/o grande, se pueden tener equipos independientes para pulpear y otro para refinar, aunque por economía, la pulpeadora también tiene mallas refinadoras y se trabaja en batch. Se utiliza para partículas de pulpa que no atraviesan por las mallas de 0,1 a 0,5 mm (Vega, 2002).

e. Envasado

Se utilizan bolsas de laminado flexible, preferentemente de color opaco, sellando el producto sin aire o haciendo un vacío, en empaques que varían según las necesidades del mercado y pueden fluctuar de 15 a 200 Kg.

El envasado puede ser aséptico luego de la esterilización y mantenerse almacenado a temperatura ambiente.

El envasado se efectúa en bolsas transparentes de polietileno de media y de alta densidad.

La siguiente figura muestra el flujo del proceso para la recolección del fruto de camu camu:

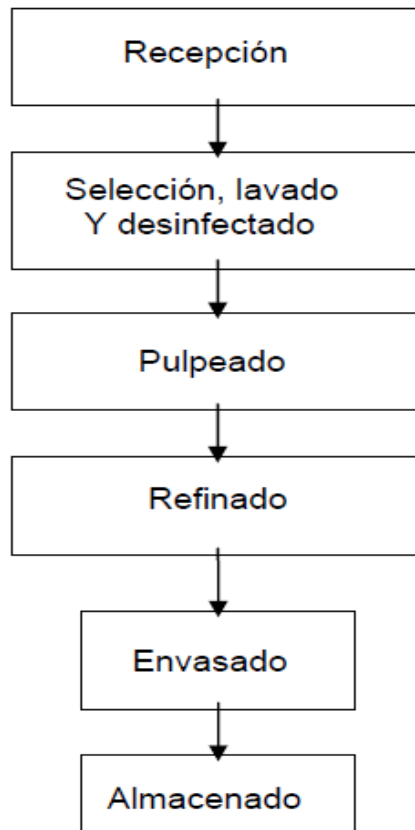


Fig. 6: Flujo de proceso para el fruto de Camu Camu.
Fuente: Vega (2002).

3.2.1.8- Usos

El camu camu se consume tanto en la industria de alimentos como en la farmacéutica. En la primera, la pulpa de camu camu se usa para producir principalmente: jugo, néctar, mermelada, helado, yogurt. Por su elevado contenido de ácido cítrico, el camu camu se utiliza en la elaboración de productos multivitamínicos, combinándolo con otras frutas tropicales. En la industria farmacéutica y luego de un proceso de liofilización, la pulpa de camu camu sirve para elaborar tabletas y cápsulas como fuente de vitamina C natural (Klinar *et al.*, 2009).

Por su alto contenido de ácido ascórbico, tiene múltiples aplicaciones en la industria de la medicina, es indispensable para la elaboración y mantenimiento del colágeno, ayuda en la cicatrización de heridas, quemaduras y encías sangrantes; favorece la absorción y almacenamiento de hierro; es antioxidante; disminuye la posibilidad de formación de trombos en los vasos sanguíneos; ayuda a combatir las enfermedades virales y bacterianas; tiene un papel relevante en el metabolismo del calcio; evita la formación de

agentes cancerígenos y favorece la disminución de colesterol en la sangre, entre otros (Taira, 2006).

3.2.2-Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico es la vitamina soluble en agua que se encuentra principalmente en verduras y frutas, es termo-lábil y es un nutriente muy esencial para los seres humanos. Es muy susceptible a la oxidación por la temperatura, luz, agua, pH, metales (Cu y Fe). Inicialmente en la oxidación pasa de ascorbato a dehidroascorbato, en una reacción que es reversible, por lo que el dehidroascorbato mantiene en principio el valor como vitamina C. Sin embargo, el dehidroascorbato es mucho menos estable y se degrada con gran facilidad (Chang, 2013).

La vitamina C funciona como un antioxidante eficaz que se requiere para mantener la salud humana. Sin embargo, se degrada fácilmente durante el procesamiento (más especialmente con la aplicación de calor) y el almacenamiento. La vitamina C se considera generalmente como el nutriente indicador de calidad durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos, ya que se observa generalmente que, si el ácido ascórbico es bien retenido, los otros nutrientes también son bien retenidos (Sapei y Hwa, 2013).

La necesidad dietética de vitamina C es porque el hombre, a diferencia de la planta no es capaz de sintetizar el compuesto debido a la ausencia de la enzima hepática L-gulonolactona oxidasa, que cataliza la conversión de gulonolactona en ácido L-ascórbico. La principal vía de eliminación de ácido ascórbico y sus metabolitos es a través de la orina. Se excreta sin cambios cuando se consumen altas dosis de ácido ascórbico. El ácido ascórbico es generalmente no tóxico, pero a dosis altas puede causar trastornos gastrointestinales o diarrea. La ingesta diaria recomendada de vitamina C para adultos oscila entre 60 a 100 mg por día (Matei *et al.*, 2006).

Por ser una sustancia soluble en agua, la vitamina C es la primera línea de defensa contra los radicales libres en un medio acuoso. Puede actuar contra la peroxidación lipídica de dos maneras: en el plasma sanguíneo, neutralizando los radicales libres y con eso, minimizando, por ejemplo, el riesgo de oxidación de las lipoproteínas, en especial la LDL (lipoproteína de baja densidad); o en la regeneración de antioxidantes lipofílicos, actuando en sinergia con la vitamina E (Araujo, 2012).

La vitamina C también tiene gran importancia en otras rutas metabólicas como en la formación de colágeno, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la biosíntesis de aminoácidos. En la formación de colágeno, junto con el hierro y el oxígeno.

También tiene gran importancia en la prevención de la anemia, ya que actúa como un factor de promoción de la absorción de hierro inorgánico presente en alimentos vegetales. El ácido ascórbico promueve la reducción de Fe^{3+} (ligeramente soluble en el intestino) a Fe^{2+} , para ser absorbido; facilita la liberación de hierro de la transferrina (la proteína que transporta el hierro en la sangre) y la ferritina (principal proteína de almacenamiento de hierro); y participa de manera importante de la síntesis de ferritina y por lo tanto, del depósito de hierro (Araujo, 2012).

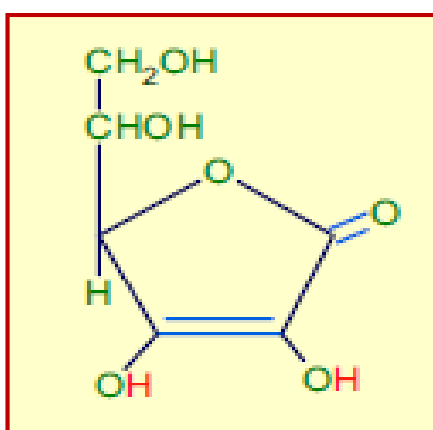


Fig. 7: Estructura de la Vitamina C o Ácido Ascórbico.

3.2.3-Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de las plantas que se encuentran ampliamente distribuidos de forma natural principalmente en las frutas y vegetales con más de 10.000 compuestos. Algunos son solubles en solventes orgánicos, otros son solubles en agua, poseen en común un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilos y pueden estar combinados con una molécula de azúcar como glucósidos (Valls *et al.*, 2008).

La función de los compuestos fenólicos vegetales es proteger a las plantas contra el estrés biológico y ambiental, por lo tanto, son sintetizados en respuesta al ataque patogénico de insectos, bacterias, hongos y virus o en respuesta a la exposición de energía de radiación

ultravioleta, temperaturas extremas, y otros proveen soporte mecánico a la planta (Johnson, 2001). La fenilalanina es el principal precursor de estos compuestos, que (entre ellos taninos, flavonoides y antocianinas) están formados a partir de la vía de shikimato (ácido shikímico) y / o malonato. La enzima fenilalanina amonioliasa (PAL) actúa como catalizador para la biosíntesis de reacción, cataliza la eliminación de un amonio convirtiendo a la fenilalanina en ácido cinámico, del cual se derivan la mayoría de los compuestos fenólicos (Araujo, 2012).

La relación de los compuestos fenólicos con el metabolismo y la disminución de riesgo de algunas patologías se deben principalmente al potencial antioxidante de estas sustancias presentes. La capacidad antioxidante de estos compuestos está relacionada con la presencia de grupos hidroxilo en su estructura. El grupo hidroxilo cede un átomo de hidrógeno y un electrón para neutralizar al radical libre.



Fig. 8: Inactivación de radicales libres a partir de compuestos fenólicos.
(F-OH: compuesto fenólico; R·: radical libre; RH: radical libre estabilizado)

La evidencia actual sugiere que los compuestos fenólicos son capaces de contribuir en la reducción del riesgo de aparición de diversas enfermedades inducidas por estrés oxidativo como son las enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, inflamación, hipertensión y la hiperglucemia (Araujo, 2012).

3.2.4- Antocianinas

Las antocianinas, también conocidas como flavonoides azules, son compuestos vegetales no nitrogenados pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia distribución en la naturaleza. Forman parte del grupo de los compuestos fenólicos y poseen la estructura característica C6-C3-C6 en su esqueleto. Son pigmentos hidrosolubles que se encuentran primordialmente glucosiladas en la naturaleza; están constituidos por una molécula de antocianidina, que es una aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glicosídico.

La estructura química básica de estas agliconas es el ión flavilio, también llamado 2-fenilbenzopirilio, que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); por su posición trivalente del oxígeno, el flavilio normalmente funciona como un catión (Badui, 1997).

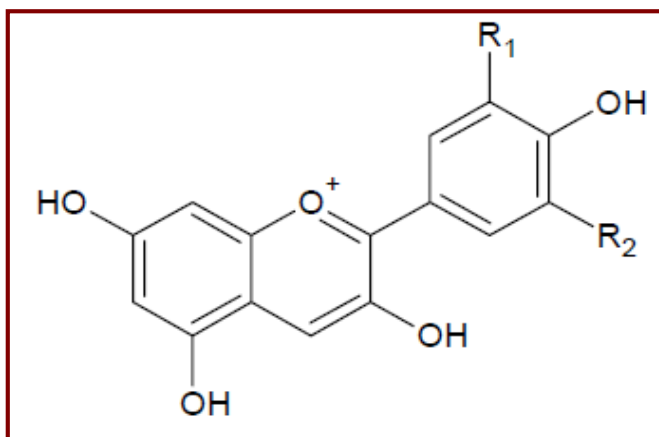


Fig. 9: Estructura química general de las antocianinas.

Los azúcares que comúnmente se encuentran asociados son glucosa y ramnosa, seguidos de galactosa, xilosa, arabinosa y, ocasionalmente, gentiobiosa, rutinosa; todos ellos se unen a la antocianidina principalmente por medio del hidroxilo de la posición 3, y en segundo término, en la posición 5 ó 7 (Badui, 1997).

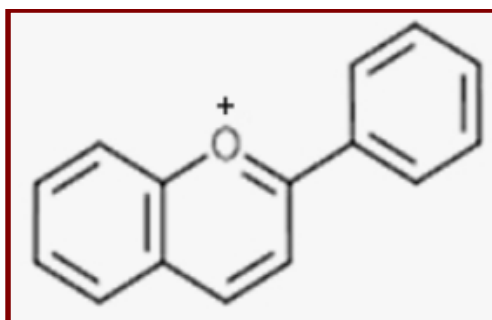


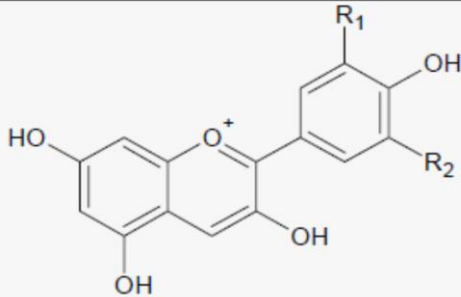
Fig. 10: Estructura Química del Ión flavilio.

Las antocianinas son solubles en agua y responsables de los colores rojo, púrpura o azul de las hojas, flores y frutos. En las plantas cumplen diversos roles, como son la atracción de insectos polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección contra los efectos de la radiación UV y contra la contaminación viral y microbiana. De las 20 antocianidinas que actualmente se conocen, las más importantes son: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, malvidina y petunidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes

azúcares genera aproximadamente 450 antocianinas que abundan en la naturaleza (Badui, 2006).

Se ha observado que la presencia de grupos acilo en la molécula de antocianidina le confiere estabilidad ante condiciones extremas de pH y temperatura, el incremento de pH origina la formación de la base quinoidal de color azul; la hidratación (adición de agua) produce chalconas, que son incoloras. Cuando en la molécula de antocianina se encuentran únicamente azúcares, se denominan no aciladas; si además de los azúcares están presentes uno o varios radicales acilos, se catalogan como aciladas (Ortíz *et al.*, 2011).

El color de las antocianinas depende de varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes químicos que contenga y la posición de los mismos en el grupo flavilio; por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación del color rojo (Badui, 2006).



Aglicona	Sustituyentes		Espectro visible (nm)
	R1	R2	
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azulado-rojo)
Peonidina	OMe	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OMe	OH	508 (azulado-rojo)
Malvidina	OMe	OMe	510 (azulado-rojo)

Fig. 11: Características estructurales y espectrales de las antocianinas dependiendo de los sustituyentes que contengan. Fuente: Morales (2005).

Las antocianinas constituyen uno de los grupos más importante de antioxidantes naturales. Algunos estudios indican un gran potencial de las antocianinas contra las enfermedades cardiovasculares. Debido a su actividad antioxidante, estos compuestos pueden inhibir la oxidación de LDL (lipoproteína de baja densidad), reduciendo el riesgo de incidencia de la arteriosclerosis (Araujo, 2012).

3.2.4.1- Factores que afectan el color y la estabilidad de las antocianinas

Las antocianinas son relativamente inestables y a menudo sufren reacciones de degradación durante el procesamiento y almacenamiento (Wrolstad, 2001).

Dentro de los factores que determinan su estabilidad se encuentran los siguientes:

pH. Los pigmentos antocianínicos sufren transformaciones estructurales reversibles con un cambio en el pH (Fig. 12). La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. La forma oxonio o catión flavilio colorida predomina a pH 1.0; a valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición dos, dando lugar a la forma incolora hemiacetal y chalcona a pH 4.5 (Giusti y Wrolstad, 2001). A valores superiores a siete presentan las formas quinoidales de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Garzón, 2008).

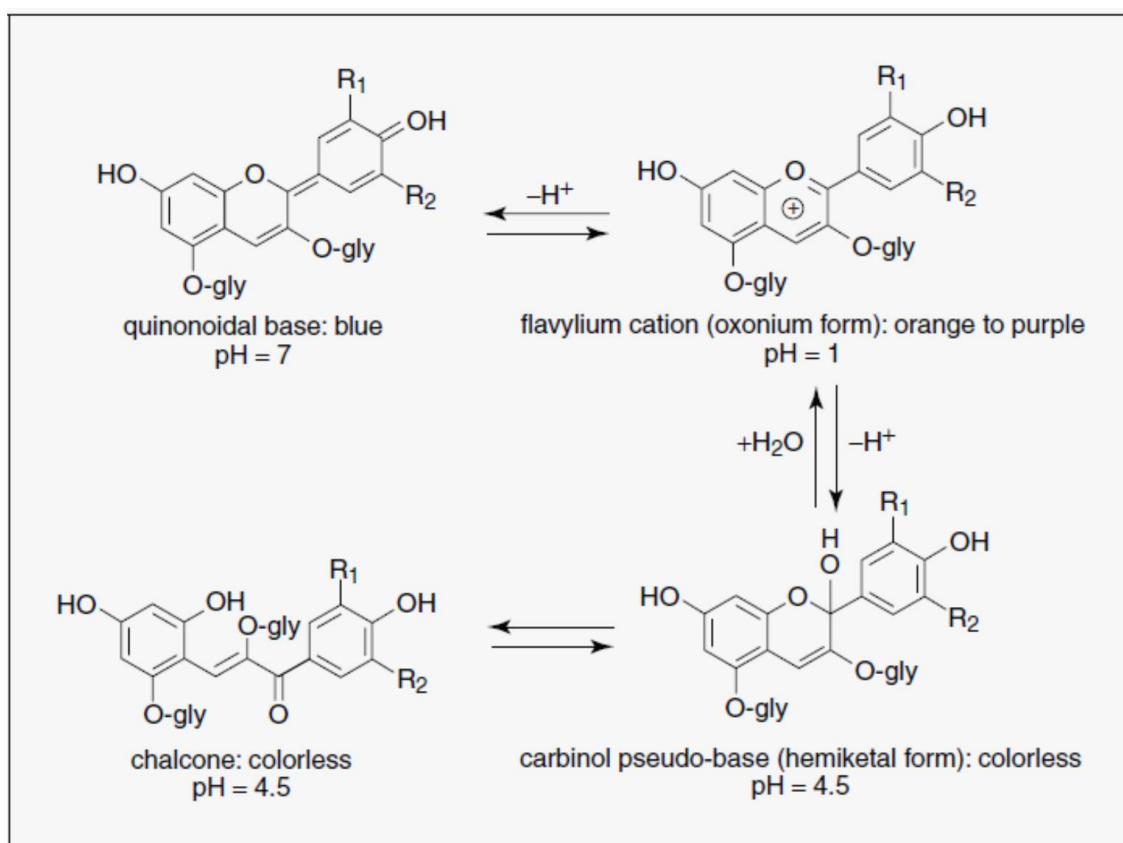


Fig. 12: Estructuras predominantes de antocianinas a diferentes niveles de pH.

Fuente: Giusti y Wrolstad (2001).

Concentración. El aumento en la concentración de antocianinas promueve una mayor estabilidad del color (Rein, 2005).

Temperatura. Incrementos en la temperatura genera la pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura del anillo con la consecuente producción de formas incoloras. (Garzón, 2008). La velocidad de degradación de antocianinas se incrementa durante el procesamiento y almacenamiento a medida que la temperatura aumenta (Rein, 2005).

Luz. La luz es esencial para la biosíntesis de antocianinas, pero también acelera su degradación. Las antocianinas preservan mucho mejor su color cuando se mantienen en la oscuridad (Rein, 2005).

Metales. Las antocianinas cambian de color cuando forman complejos, quelatos o sales con iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, estaño, hierro o aluminio.

Oxígeno. El oxígeno amplifica el impacto de otros procesos de degradación de antocianinas (Rein, 2005).

Azúcares. Los azúcares están presentes de forma natural en los alimentos, estos y sus productos de degradación disminuyen la estabilidad de las antocianinas (Rein, 2005).

Enzimas. La inactivación de enzimas, mejora la estabilidad de las antocianinas. Las enzimas que tienen carácter de β -glucosidasa hidrolizan el enlace glucosídico en el C-3, produciendo el correspondiente aglucón el cual es incoloro (López *et al.*, 2002).

Copigmentación. El color de las antocianinas puede ser estabilizado y enriquecido por reacciones de copigmentación (Rein, 2005). La copigmentación es un fenómeno que involucra la interacción de las antocianinas con flavonoides, polifenoles, alcaloides, aminoácidos y consigo mismas, generando que el color de las antocianinas sea más intenso, brillante y estable, ya que estos compuestos las protegen de la degradación de la luz, calor o pH (Jiménez, 2008).

3.2.5- Deshidratador Dual

La tecnología del deshidratador dual (el cual utiliza la energía solar y la infrarroja) que se utilizó para deshidratar el Camu Camu fue construida como parte de un proyecto de Innovación del Ministerio de la Producción y no existe equipo similar hasta donde se ha podido investigar. El equipo consta de subpartes o componentes modernos y novedosos que hace que el prototipo sea único e innovador. Para esto, cuenta con un panel solar que genera calor radiante, para que por medio de unos ductos que van adosados transfieran este calor al aire que se hace circular en forma forzada, este aire tiene una velocidad variable y un control de temperatura, para que por medio de un sistema de control proporcional se pueda regular la temperatura del aire que es llevado al deshidratador por la parte inferior. Por otro lado, por la parte superior tiene emisores infrarrojos que están instalados en difusores especiales; controlados por un controlador digital para mantener una temperatura estable. El deshidratador también cuenta con soplores para ingreso de aire caliente y extractores para evacuar el aire que ya pasó por la materia prima, que son accionados por variadores de velocidad, para lograr un flujo adecuado para deshidratar el Camu Camu y que pueda controlar la humedad interna del deshidratador y eventualmente la temperatura. Para calentar el aire se requiere un panel solar con las dimensiones adecuadas para lograr una T° máxima de 60°C. Para esto se tiene ladrillos refractarios, plásticos UV negros para concentrar el calor. Para el monitoreo y control dentro del deshidratador, cuenta con sensores y controladores de T° y humedad comandados por un PLC, estos controles van en un tablero. En otras palabras, es un deshidratador dual completamente automatizado.



Fig. 13: Equipo de Deshidratador Dual

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1- Materia prima

Se empleó como materia prima a la fruta de Camu Camu proveniente de las zonas de Iquitos y Yurimaguas.

4.2-Consideraciones para el muestreo

Las frutas de camu camu fueron seleccionadas manualmente, se seleccionaron frutas enteras, sanas y libres de rajaduras. Se necesitó 10 Kg de fruta de camu camu para realizar el proceso de deshidratación y obtener 1 Kg de producto deshidratado.

4.3-Equipos

- Agitador magnético, marca BOECO Germany
- Balanza Analítica, marca SHIMADZU, modelo con capacidad máxima de 220 g
- Estufa, marca MEMMERT, con regulación de temperatura entre 0 y 120°C
- Espectrofotómetro rango luz visible – ultravioleta, marca Varian Cary 50
- pH metro, marca HANNA
- Centrifuga, marca EBA 21 Hettich Zentrifugen
- Bomba al vacío

4.4-Materiales

- Termómetro
- Procesador de alimentos
- Desecador
- Bureta de 50 mL
- Probetas de 50 y 100 mL
- Vasos de precipitación de 250mL y 1L
- Fiolas de vidrio de varias capacidades
- Pipetas graduadas y volumétricas
- Matraces erlenmeyer de 125 mL
- Embudo de vidrio
- Tubos para centrifuga con tapa rosca
- Espátulas y gradillas metálicas

- Varillas de vidrio
- Papel filtro Whatman N°41
- Papel parafilm, aluminio y adsorbentes
- Picetas plásticas
- Frascos de color ámbar de 1 L
- Soporte universal

4.5-Reactivos

- Acetato de sodio trihidratado, Merck
- Reactivo de Folin Ciocalteu, Merck
- 2,6- Diclorofenolindofenol, Merck
- L(+)- Ácido ascórbico, Scharlau
- Bicarbonato de sodio, Merck
- Ácido metafosfórico, Merck
- Ácido gálico, Merck
- Ácido trifluoracético, Merck
- Cloruro de potasio, Merck
- Ácido acético, Merck
- Acetona p.a.
- Metanol p.a.
- Carbonato de sodio p.a.
- Ácido clorhídrico p.a.
- Ácido sulfúrico p.a.
- Acetato de etilo
- EDTA

4.6- Métodos

4.6.1-Tratamiento del fruto previo al análisis.

Las frutas de camu camu fueron lavadas con agua potable y desinfectadas por inmersión en una concentración de 1% de hipoclorito de sodio durante 20 min, para eliminar así residuos no deseables, luego fueron enjuagados con agua destilada.



Fig. 14: Lavado y desinfección del camu camu.

Posteriormente la fruta fue cortada al medio para retirar la semilla y mediante un prensador fue aplastada para obtener el jugo de la pulpa y la cáscara.



Fig. 15: Despulpado del camu camu

Posteriormente se procede con el deshidratado de la cáscara y de la pulpa colocándolo en bandejas de acero inoxidable dentro del deshidratador dual a una temperatura de 60°C las 2 primeras horas y después a 45-50°C las 4 horas restantes.



Fig. 16: Cáscara y pulpa de camu camu, en las bandejas de acero para el deshidratado.



Fig. 17: Pulpa y cáscara de camu camu en el proceso de deshidratación.

Obtenido la pulpa y cáscara deshidratada se procede con el refinado mediante un molino, para obtener un polvo deshidratado de camu camu homogéneo y de partículas pequeñas. Luego se almacenó en bolsa de polietileno sellada y se mantuvo al medio ambiente.

Se realizó la caracterización química al polvo deshidratado de camu camu en los meses de Mayo, Julio y Septiembre del presente año.

4.6.2-Determinación del contenido de Vitamina C. Método basado en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol.

a) Principio

El 2,6-diclorofenolindofenol se reduce a una forma incolora a partir del ácido ascórbico en una reacción de óxido-reducción. La reacción es específica para el ácido ascórbico a pH 1 – pH 3.5. El colorante es azul en solución alcalina y rojo en ácido.

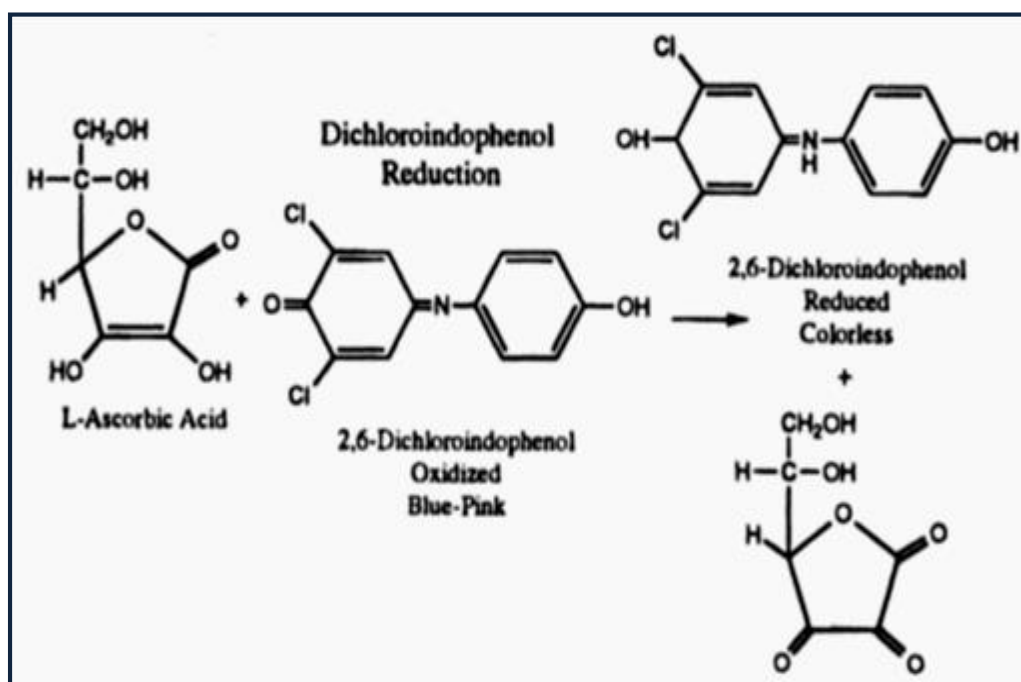


Fig.18: Reducción del colorante 2,6-DCFIF por L-ácido ascórbico a una solución incolora.

La titulación y extracción de vitamina C se realiza en presencia de $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ o $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH-H}_2\text{SO}_4$ solución, para mantener la acidez adecuada para la reacción y evitar la auto-oxidación del ácido ascórbico a pH alto.

b) Obtención de los extractos del fruto de camu camu.

Para la extracción del ácido ascórbico en el fruto de camu camu se usó la metodología propuesta por Tarrago *et al.*, (2012). Se realizó la extracción a la mezcla de pulpa y cáscara fresca y deshidratada de camu camu, empleando una solución extractora compuesta de ácido metafosfórico 3%, ácido acético 8%, ácido sulfúrico 0.3 N y EDTA 1mM.

La mezcla de pulpa y cáscara fresca fue homogenizada en un procesador de alimentos, la pulpa y cáscara deshidratada fue homogenizada en un molino.

Se pesó 1g de la muestra fresca y deshidratada de camu camu por separado en vasos de precipitados, para el caso de la muestra fresca se realiza tres extracciones sucesivas, con 8 mL del agente extractante las dos primeras extracciones y en la tercera extracción con 12 mL manteniendo los extractos en un baño de hielo. Luego la mezcla se cubrió con papel aluminio para protegerla de la luz y se puso en agitación, mediante un agitador magnético, durante 30 min para cada extracción. Posteriormente se centrifugó durante 15 min a 4000 rpm después de cada extracción. Luego todos los sobrenadantes fueron reunidos y puestos en frascos de vidrio de color ámbar y llevados a refrigeración.

Para el caso de la muestra deshidratada se realiza tres extracciones sucesivas, con 12 mL del agente extractante cada una y se realiza el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

Una vez finalizado todo el proceso de extracción, el extracto obtenido se filtró en un embudo a través de papel Whatman No. 41, recogiendo el filtrado en viales color ámbar con tapa rosca, para luego continuar con el proceso de cuantificación.

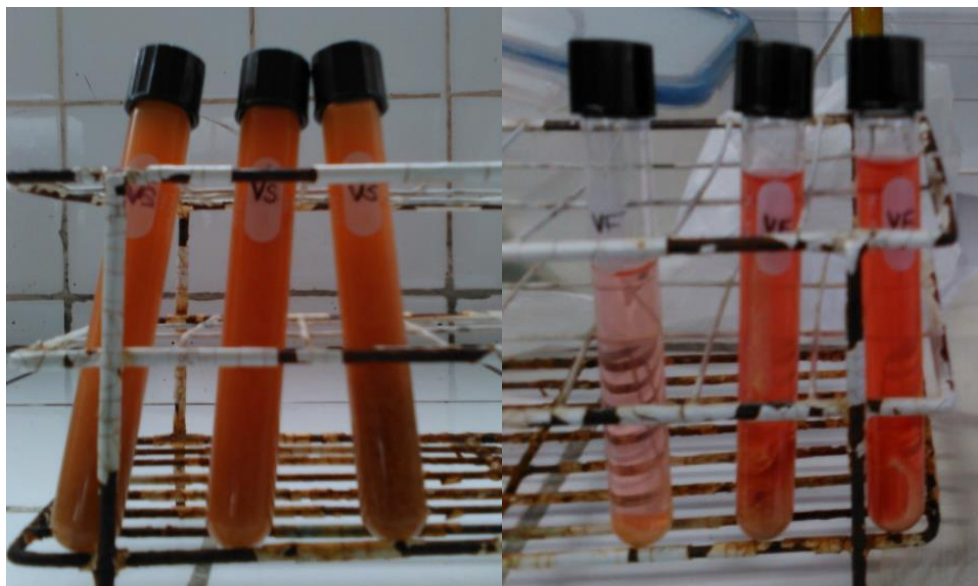


Fig. 19: Extracto de vitamina C luego de ser centrifugadas.

c) Cuantificación de Vitamina C

Para la cuantificación de vitamina C se utilizó el método oficial del AOAC 967.21.

Se realizó el análisis de vitamina C preparando una solución estándar de ácido ascórbico de concentración conocida (1 mg / mL), una solución estándar de 2,6-diclorofenol-indofenol y una solución buffer de ácido metafosfórico-ácido acético (ver Anexo 2 para la preparación de las soluciones).

Luego se procede con las siguientes titulaciones:

Titulación del estándar:

Se transfiere tres alícuotas de 2.0 mL de la solución estándar de ácido ascórbico en cada uno de los Erlenmeyers de 50 mL conteniendo cada uno 5.0 mL de solución de ácido metafosfórico-ácido acético ($\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$). Luego se titula rápidamente con solución de 2,6-diclorofenol-indofenol utilizando una bureta de 50 mL, el final de la titulación se indicará por un cambio de color rosado débil, color que debe persistir por 10-15 segundos (cada titulación debería requerir unos 15 mL de solución de Indofenol y las titulaciones se deben revisar en intervalos de 0.1 mL). La solución de 2,6-diclorofenol-indofenol deberá estar estandarizada cada día.

Titulación de los blancos:

De la misma manera se titula 3 blancos compuestos de 7.0 mL de solución de ácido metafosfórico-ácido acético más el volumen de agua igual al volumen de solución de Indofenol gastado en la titulación directa. Antes de restar el volumen promedio de los blancos (usualmente 0.1 mL) de las titulaciones estándar, calcular y expresar la concentración de solución de Indofenol como miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1.0 mL de reactivo. Estandarizar la solución de Indofenol diariamente con solución estándar de ácido ascórbico recientemente preparada.

Titulación de la muestra:

Se toma 3 alícuotas de muestra (de 1 mL cada alícuota) en Erlenmeyers de 50 mL y se lleva a un volumen de 7 mL con la solución de $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$, se titula de la misma manera que se hizo en la titulación del estándar, y se realiza determinaciones con tres blancos para las correcciones pertinentes de cada titulación, utilizando volúmenes apropiados de solución de $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ y agua.

d) Cálculos

La concentración de Vitamina C se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$mg \text{ Ácido ascórbico/g, mL} = (X - B) \times (F/E) \times (V/Y)$$

Donde:

X= Volumen 2,6-DCPIP gastado en mL.

B= Volumen consumido por el blanco en mL.

F= mg Ac. Ascórbico / ml 2,6-DCPIP

E= mL ensayados

V= Volumen inicial

Y= Volumen de alícuota

4.6.3-Determinación de Polifenoles Totales mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu.

a) Principio

Los compuestos fenólicos totales se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). El reactivo Folin-Ciocalteu (FC) es una mezcla de ácidos de coloración amarilla, el ácido fosfowolfrámico ($H_3PW_{12}O_{40}$) y el ácido fosfomolibdico ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Estos compuestos se reducen al interaccionar con los compuestos fenólicos bajo condiciones alcalinas, por lo que la disociación de protones fenólicos da lugar a un anión fenolato que es capaz de reducir al reactivo de FC, dando origen a óxidos de coloración azul, óxidos de wolframio (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}), los cuales son susceptibles de ser determinados espectrofotométricamente a 765 nm y que se cuantifica en base a una recta patrón de ácido gálico. La intensidad de la absorción de luz a esa longitud de onda, es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos.

Se trata de un método preciso y sensible, que puede padecer numerosas variaciones, fundamentalmente en lo relativo a los volúmenes utilizados de la muestra a analizar, concentración de reactivos y tiempo de reacción. También se pueden producir variaciones en el modo de expresar los resultados, sin embargo, el patrón recomendado es el ácido gálico.

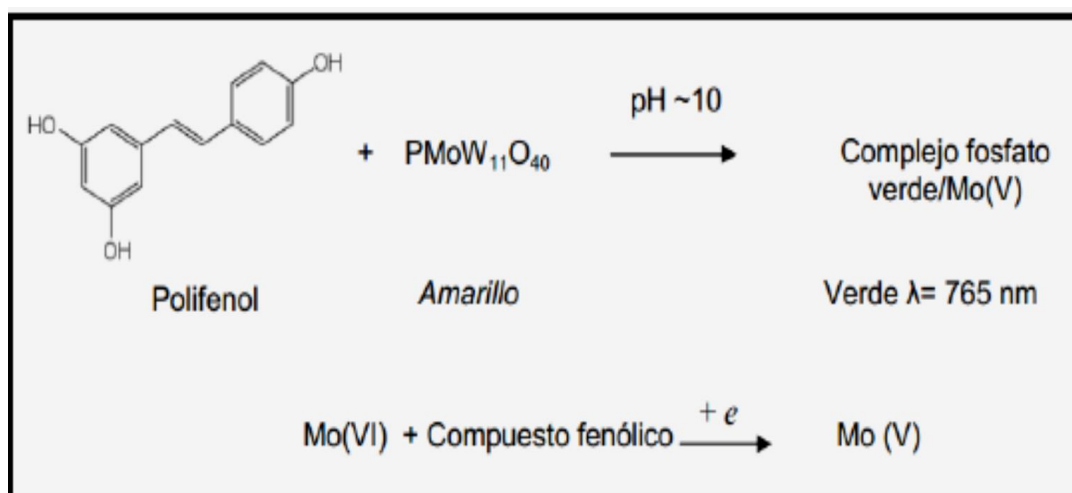


Fig. 20: Mecanismo de reacción de compuestos fenólicos y el reactivo de Folin-Ciocalteu.

b) Obtención de los extractos del fruto de camu camu.

Para la extracción de los compuestos fenólicos en el fruto de camu camu se usó la metodología propuesta por Restrepo *et al.*, (2008). Se realizó la extracción a la mezcla de pulpa y cáscara fresca y deshidratada de camu camu empleando como sistemas extractantes al metanol: agua (50:50, v/v) y acetona: agua (70:30, v/v). La mezcla de pulpa y cáscara fresca fue homogenizada en un procesador de alimentos, la pulpa y cáscara deshidratada fue homogenizada en un molino.

Se pesó 1g de la muestra fresca y deshidratada de camu camu por separado en vasos de precipitados, realizando la primera extracción para ambas muestras con metanol:agua (50:50), añadiendo 20 mL de este agente extractante en cada vaso. Luego la mezcla se cubrió con papel aluminio para protegerla de la luz y se puso en agitación, mediante un agitador magnético, durante 30 min a una temperatura de 50°C . Posteriormente se centrifugó durante 10 min a 4000 rpm, el sobrenadante se colocó en frasco de vidrio de color ámbar y puesta a refrigeración.

Luego el residuo sólido de los extractos fue sometido a cuatro extracciones sucesivas con acetona: agua (70:30), añadiendo 20 mL del agente extractante en cada extracción, la mezcla se cubrió con papel aluminio y puesta en agitación, mediante un agitador magnético, durante 30 min a una temperatura de 50°C . Posteriormente se centrifuga por 10 min a 4000 rpm después de cada extracción.

Luego todos los sobrenadantes fueron reunidos y puestos en frascos de vidrio de color ámbar y llevados a refrigeración.



Fig. 21: Extracción de la muestra deshidratada de camu camu con los agentes extractantes.

Una vez finalizado todo el proceso de extracción, se concentró el extracto obtenido en baño maría a una temperatura de 50°C hasta un volumen de 10 a 15 mL obteniéndose así el extracto crudo, posteriormente se filtró en un embudo a través de papel Whatman No. 41, recogiendo el filtrado en viales color ámbar con tapa rosca, para luego continuar con el proceso de purificación.



Fig. 22: Filtración del extracto fenólico obtenido de la muestra deshidratada de camu camu.

c) Purificación de compuestos fenólicos

La purificación de los compuestos fenólicos se realizó siguiendo la metodología descrita por Rodríguez-Saona y Wrolstad (2001) con la finalidad de eliminar los compuestos interferentes (Fig. 23).

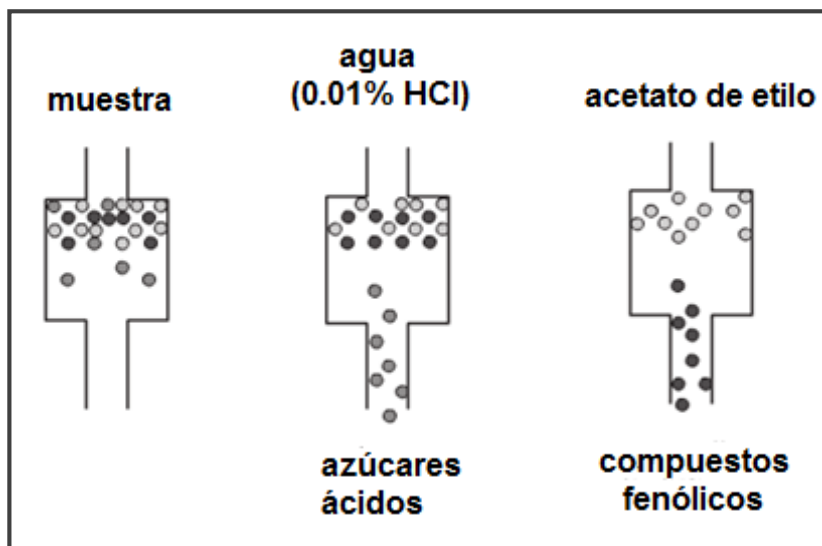


Fig. 23: Purificación de compuestos fenólicos.

Para este fin se utilizó cartuchos C18 (matriz C18 unida a sílica: C18 Sep-Pak de 500 mg, marca LiChrolut[®]), el cual se acondicionó haciendo pasar por el cartucho 12 mL de metanol y 12 mL de agua acidificada (0.01% de HCl en agua destilada v/v). Después se hizo pasar por el cartucho 15 mL del extracto concentrado y enseguida se lavó con 20 mL de agua acidificada y el extracto polifenólico se eluye con 20 mL de metanol y acetato de etilo; luego el extracto fenólico obtenido fue concentrado en baño maría a una temperatura de 50°C hasta un volumen de 10 mL. Posteriormente es filtrado en un embudo a través de papel Whatman No. 41, recogiendo este filtrado en viales color ámbar con tapa rosca, para luego proceder con la cuantificación de los fenoles totales.



Fig. 24: Purificación de los compuestos fenólicos a través del cartucho C-18.

d) Cuantificación de compuestos fenólicos

Para la cuantificación de los fenoles totales se usó el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu propuesta por Singleton y Rossi (1965).

Del extracto fenólico obtenido se toma 1 mL y se coloca en fiola de 100 mL, se agrega 60 mL de agua desionizada y se homogeniza, después se agrega 5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu y se mezcla, luego de 6 minutos se agrega 15 mL de solución de Na_2CO_3 al 20%, se mezcla y se lleva a volumen dejando reaccionar por 2 horas en obscuridad a 23°C . Después se midió la absorbancia a 765 nm en una celda de 1 cm, usando un espectrofotómetro UV-Visible (Varian Cary 50). El blanco usado se preparó siguiendo el procedimiento anterior, sólo que sin añadir la muestra.

El contenido de fenoles totales fue calculado efectuando curvas de calibración con ácido gálico a concentraciones entre 0 a 500 mg/L. Para esto se utilizó una solución estándar de ácido gálico de 1000 ppm de la cual se tomaron volúmenes de 10 mL a 50 mL en intervalos de 5 mL y se completó el volumen de cada uno a 100 mL con agua destilada.

e) Cálculos

El valor de absorbancia obtenido para cada una de las muestras evaluadas, se sustituyó en la ecuación de la curva estándar de ácido gálico; en donde y es igual a la absorbancia y x es igual a la concentración.

En este trabajo la curva estándar de ácido gálico fue:

$$y = 0.00084x + 0.00162$$

Los contenidos de compuestos fenólicos fueron expresados en mg de ácido gálico por g de extracto (mg GA/g extracto).

4.6.4-Determinación del contenido de Antocianinas Totales mediante el método espectrofotométrico del pH diferencial.

a) Principio

La determinación de antocianinas monoméricas totales se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por Giusti y Wrolstad (2001). Ésta se basa en las transformaciones estructurales reversibles que sufren las antocianinas monoméricas con un cambio en el pH; estos compuestos adquieren la conformación de catión flavilio (color rojo intenso) a pH 1 y la forma hemicetal (incolora) a pH 4.5.

La diferencia en la absorbancia de los pigmentos a 520 nm es proporcional a la concentración del pigmento. Los resultados se expresan en base a cianidina-3-glucósido.

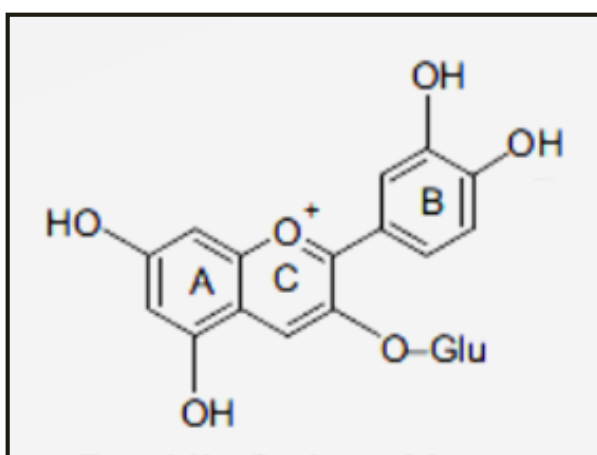


Fig. 25: Estructura química de la cianidina-3-glucósido.

El método pH-diferencial, es un procedimiento que permite una medición precisa y rápida en la cuantificación de antocianinas monoméricas totales, incluso en presencia de pigmentos degradados en su forma polimérica y otros compuestos de interferencia.

b) Obtención de extractos del fruto de camu camu.

El carácter polar de la molécula de antocianina permite su solubilidad en muchos disolventes diferentes como alcoholes, acetona, dimetil sulfóxido y agua.

En la mayoría de frutas y verduras, los pigmentos antociánicos están localizados en células cerca de la superficie. Los procedimientos de extracción generalmente involucran el uso de disolventes ácidos, los cuales desnaturalizan las membranas del tejido celular y simultáneamente disuelven los pigmentos.

El ácido tiende a estabilizar las antocianinas, pero también puede cambiar la forma nativa del tejido rompiendo asociaciones con metales, co-pigmentos u otros factores. Por eso es recomendado el uso de ácidos orgánicos más débiles (ácido fórmico, acético, cítrico, tartárico) o cantidades pequeñas de ácidos más volátiles (ácido trifluoracético) que puedan ser removidos durante la concentración del pigmento.

Para la extracción de las antocianinas en el fruto de camu camu se usó la metodología propuesta por Salinas *et al.*, (2007). Se realizó la extracción a la mezcla de pulpa y cáscara fresca y deshidratada de camu camu empleando como sistemas extractantes a metanol acidificado al 1% con ácido trifluoracético y metanol: ácido acético: agua (10:1:9 v/v). La mezcla de pulpa y cáscara fresca fue homogenizada en un procesador de alimentos, la pulpa y cáscara deshidratada fue homogenizada en un molino.

Se pesó 1g de la muestra fresca y deshidratada de camu camu por separado en vasos de precipitados, realizando la primera extracción para ambas muestras con metanol acidificado al 1% con ácido trifluoracético, añadiendo 20 mL de este agente extractante en cada vaso. Luego la mezcla se cubrió con papel aluminio para protegerla de la luz y se puso en agitación, mediante un agitador magnético, durante 1 hora y después se mantuvo durante 24 horas bajo condiciones de refrigeración.



Fig. 26: Muestras puestas en agitación con metanol acidificado al 1% con TFA.

Posteriormente se centrifugó el extracto por 15 min a 4000 rpm, el sobrenadante se colocó en frasco de vidrio de color ámbar y puesta a refrigeración.

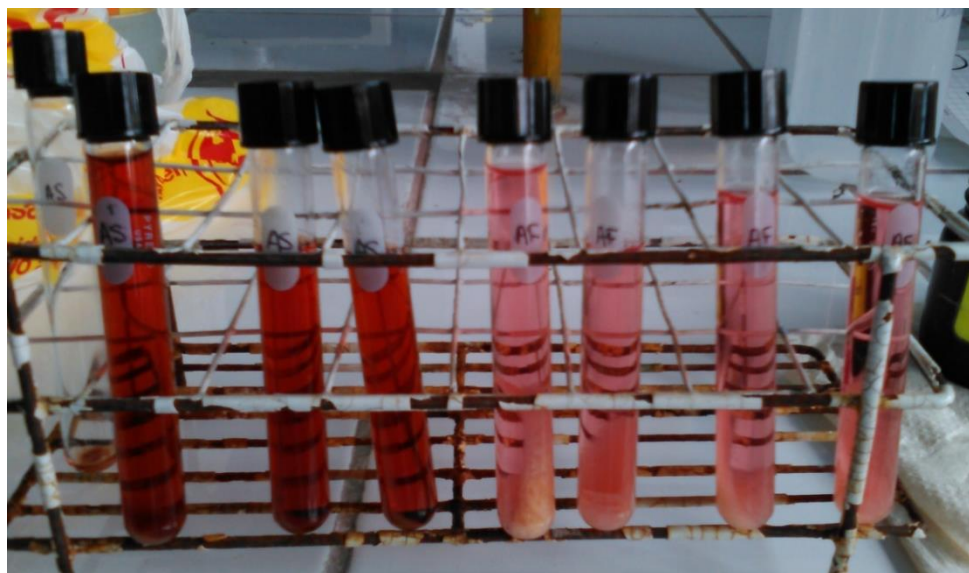


Fig. 27: Extracto metanólico de antocianinas luego de ser centrifugadas.

Luego el residuo sólido de los extractos fue sometido a dos extracciones sucesivas con metanol: ácido acético: agua (10:1:9 v/v), añadiendo 20 mL del agente extractante en cada extracción, la mezcla se cubrió con papel aluminio y puesta en agitación, mediante un agitador magnético, durante 1 hora. Posteriormente se centrifuga por 15 min a 4000 rpm después de cada extracción.

Luego todos los sobrenadantes fueron reunidos y puestos en frascos de vidrio de color ámbar y llevados a refrigeración.

Una vez finalizado todo el proceso de extracción, se concentró el extracto obtenido en baño maría a una temperatura de 40°C hasta un volumen de 10 a 15 mL obteniéndose así el extracto crudo, posteriormente se filtró en un embudo a través de papel Whatman No. 41, recogiendo el filtrado en viales color ámbar con tapa rosca, para luego continuar con el proceso de purificación.

c) Purificación de antocianinas

La purificación de antocianinas se realizó siguiendo la metodología descrita por Rodríguez-Saona y Wrolstad (2001) con la finalidad de eliminar los compuestos interferentes (Fig. 28).

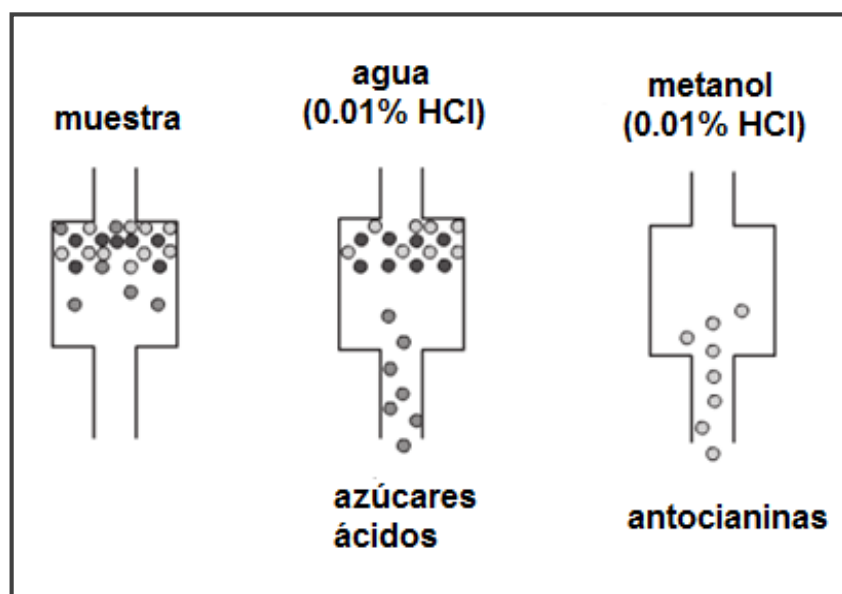


Fig. 28: Purificación de antocianinas.

Para este fin se utilizó cartuchos C18 (matriz C18 unida a sílica: C18 Sep-Pak de 500 mg, marca LiChrolut[®]), el cual se acondicionó haciendo pasar por el cartucho 12 mL de metanol y 12 mL de agua acidificada (0.01% de HCl en agua destilada v/v). Después se hizo pasar por el cartucho 15 mL del extracto concentrado y enseguida se lavó con 20 mL de agua acidificada y el extracto de antocianinas se eluye con 20 mL de metanol acidificado (0.01% v/v HCl en metanol); luego el extracto obtenido fue concentrado en baño maría a una temperatura de 40°C hasta un volumen de 10 mL.

Posteriormente es filtrado en un embudo a través de papel Whatman No. 41, recogiendo este filtrado en viales color ámbar con tapa rosca, para luego proceder con la cuantificación de antocianinas.

d) Cuantificación de antocianinas

Para la cuantificación de antocianinas se usó el método espectrofotométrico de pH diferencial propuesta por Giusti y Wrolstad (2001).

Del extracto de antocianinas obtenido se toma una alícuota de 5mL y se coloca en fiola de 50 mL, se enrasa con la solución buffer de cloruro de potasio a pH=1, se procede de igual manera con la solución buffer de acetato de sodio a pH=4.5 (ver Anexo 2 para la preparación de las soluciones buffer), se agitan ambas fiolas y se deja reaccionar por 50 min.

Para cada solución, se midió la absorbancia a 520 nm (longitud de onda de máxima absorbancia de las antocianinas) y a 700 nm (para la corrección por turbidez de las muestras a ambos valores de pH), en un espectrofotómetro UV-visible usando agua destilada como blanco. La concentración de antocianinas totales se expresó en equivalentes de cianidina 3-glucósido.

e) Cálculos

La absorbancia final se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$A = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH4.5} \quad (Ec. 1)$$

El valor de absorbancia calculado en la Ec. 1 se sustituyó en la Ec. 2 para obtener la concentración de antocianinas monoméricas totales en la muestra:

$$\text{Antocianinas monoméricas} \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{A \times PM \times FD \times 10^3}{\epsilon \times 1} \quad (Ec. 2)$$

Donde:

A = Diferencia de la absorbancia entre pH 1.0 y pH 4.5

PM = Peso molecular de cianidina-3-glucósido (449.2 g/mol)

ϵ = Coeficiente de absortividad molar de cianidina-3-glucósido ($26\ 900\ \text{L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)

FD= factor de dilución (vol. total/vol.extracto).

10^3 = factor de conversión de g a mg.

l = Ancho de la celda en cm

El resultado obtenido se expresó como mg equivalentes de cianidina-3- glucósido en 100 mL de extracto de muestra fresca y en los extractos de muestra deshidratada se expresó como mg equivalentes de cianidina-3-glucósido por g.

4.6.5-Análisis de datos.

Los análisis de los compuestos fenólicos, antocianinas y vitamina C se efectuaron por triplicado. Estos resultados fueron expresados como la media de tres determinaciones \pm desviación estándar.

V. RESULTADOS

5.1-Determinación del contenido de Vitamina C.

En la tabla N° 3 y N° 4 se muestra el contenido de Vitamina C de la muestra de Camu camu antes y después del deshidratado respectivamente.

Tabla N°1. Contenido de Ácido ascórbico (mg/100 g) en camu camu fresco.

Muestra	Mes de análisis	Ácido ascórbico (mg/100g)			Promedio ± SD
Camu camu fresco	Mayo	1374.12	1369.84	1380.83	1374.93 ± 5.54

Tabla N°2. Contenido de Ácido ascórbico (mg/100 g) en camu camu deshidratado.

Muestra	Mes de análisis	Ácido ascórbico (mg/100g)			Promedio ± SD
Camu camu deshidratado	Mayo	484.17	478.26	489.78	484.07 ± 5.76
	Julio	481.59	476.00	470.12	475.90 ± 5.73
	Septiembre	478.83	466.73	472.64	472.73 ± 6.05

Tabla N°5. Porcentaje obtenido de Ácido ascórbico en el camu camu deshidratado.

Muestra	Mes de análisis	% de Ácido ascórbico obtenido
Camu camu deshidratado	Mayo	35.20%
	Julio	34.61%
	Septiembre	34.38%

5.2-Determinación del contenido de Compuestos Fenólicos Totales.

Se realizó la siguiente curva de calibración para el ácido gálico a concentraciones entre 0 a 500 mg/L.

Estándar	Concentración mg/L	Absorbancia 787 nm
Std 1	0	0.0016
Std 2	100	0.0833
Std 3	150	0.1239
Std 4	200	0.1705
Std 5	250	0.21
Std 6	300	0.254
Std 7	400	0.3428
Std 8	500	0.4201

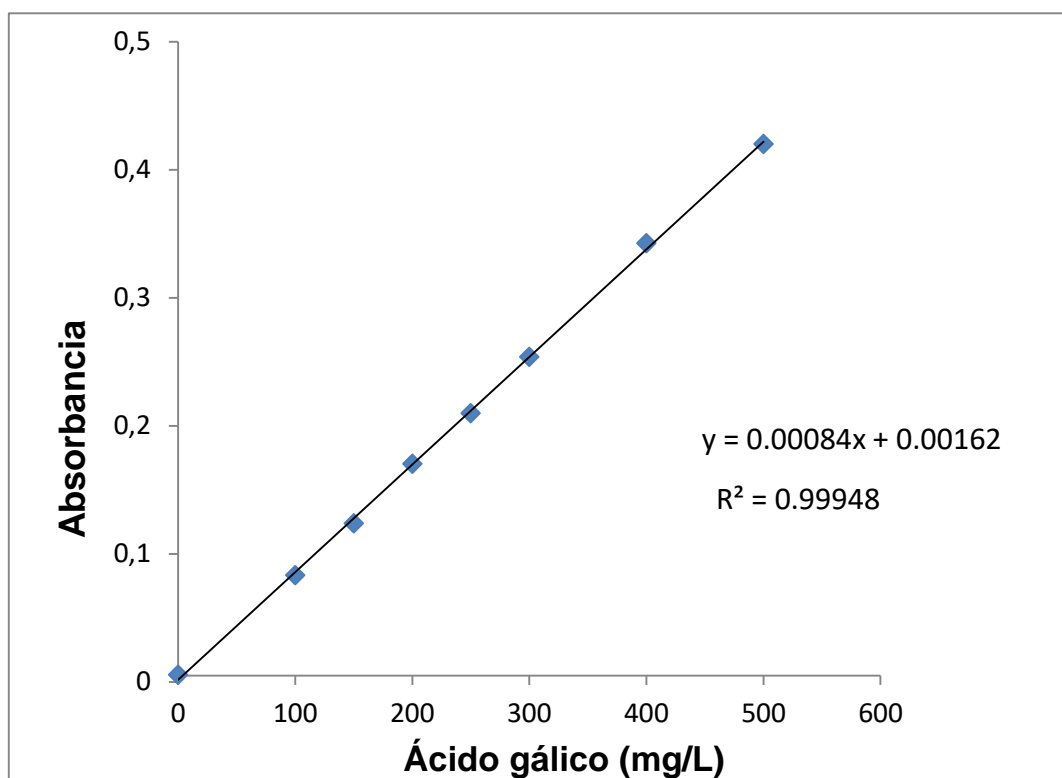


Fig. 29: Curva estándar de ácido gálico

En la tabla N° 6 y N° 7 se muestra el contenido de Polifenoles totales de la muestra de Camu camu antes y después del deshidratado.

Tabla N°3. Contenido de Polifenoles totales (mg AG/100 g) en camu camu fresco.

Muestra	Mes de análisis	Compuestos Fenólicos Totales (mg AG/100g)			Promedio ± SD
Camu camu fresco	Mayo	2477.84	2482.31	2471.37	2477.17± 5.50

Tabla N°4. Contenido de Polifenoles totales (mg AG/100 g) en camu camu deshidratado.

Muestra	Mes de análisis	Compuestos Fenólicos Totales (mg AG/100g)			Promedio ± SD
Camu camu deshidratado	Mayo	865.60	859.28	872.55	865.81 ± 6.64
	Julio	856.37	850.72	859.25	855.45 ± 4.34
	Septiembre	846.95	848.39	841.57	845.64 ± 3.59

Tabla N°8. Porcentaje obtenido de Compuestos Fenólicos Totales en el camu camu deshidratado.

Muestra	Mes de análisis	% de Compuestos Fenólicos Totales obtenido
Camu camu deshidratado	Mayo	34.95%
	Julio	34.53%
	Septiembre	34.14%

5.3-Determinación del contenido de Antocianinas Totales.

En la tabla N° 9 y N° 10 se muestra el contenido de Antocianinas totales de la muestra de Camu camu antes y después del deshidratado.

Tabla N°5. Contenido de Antocianinas totales (mg/100 g) en camu camu fresco.

Muestra	Mes de análisis	Antocianinas monoméricas totales (mg/100g)			Promedio ± SD
Camu camu fresco	Mayo	102.52	108.58	103.56	104.89 ± 3.24

Tabla N°6. Contenido de Antocianinas totales (mg/100 g) en camu camu deshidratado.

Muestra	Mes de análisis	Antocianinas monoméricas totales (mg/100g)			Promedio ± SD
Camu camu deshidratado	Mayo	33.19	32.54	32.88	32.87 ± 0.32
	Julio	32.24	32.59	31.93	32.25 ± 0.33
	Septiembre	31.91	31.59	32.23	31.91 ± 0.34

Tabla N°11. Porcentaje obtenido de Antocianinas totales en el camu camu deshidratado.

Muestra	Mes de análisis	% de Antocianinas totales obtenido
Camu camu deshidratado	Mayo	31.34%
	Julio	30.75%
	Septiembre	30.42%

5.4-Valores obtenidos en un Horno Convencional frente a los obtenidos con el Deshidratador Dual.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de la deshidratación de camu camu en un horno convencional (deshidratación por aire caliente) frente a los resultados obtenidos en este trabajo utilizando el equipo de Deshidratador Dual.

Tabla N°12. Valores de Ácido ascórbico (mg/100 g) obtenidos.

Resultados obtenidos en un Horno Convencional				Resultados obtenidos con el Deshidratador Dual			
Muestra	Mes de análisis	Ácido ascórbico (mg/100g)	% de Vit C obtenido	Muestra	Mes de análisis	Ácido ascórbico (mg/100g)	% de Vit C obtenido
Camu camu deshidratado	1 ^{er} análisis	196.35 ± 4.82	13.92%	Camu camu deshidratado	Mayo	484.07 ± 5.76	35.20%
	2 ^{do} análisis (Al tercer mes)	126.21 ± 4.68	8.96%		Julio	475.90 ± 5.73	34.61%
	3 ^{er} análisis (Al quinto mes)	42.06 ± 1.97	2.98%		Septiembre	472.73 ± 6.05	34.38%

Fuente: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

Fuente: Valores obtenidos en este trabajo.

Tabla N°13. Valores de Polifenoles totales (mg AG/100 g) obtenidos.

Resultados obtenidos en un Horno Convencional				Resultados obtenidos con el Deshidratador Dual			
Muestra	Mes de análisis	Compuestos Fenólicos Totales (mg AG/100g)	% obtenido	Muestra	Mes de análisis	Compuestos Fenólicos Totales (mg AG/100g)	% obtenido
Camu camu deshidratado	1 ^{er} análisis	344.26 ± 7.35	14.48%	Camu camu deshidratado	Mayo	865.81 ± 6.64	34.95%
	2 ^{do} análisis (Al tercer mes)	198.74 ± 5.78	8.04%		Julio	855.45 ± 4.34	34.53%
	3 ^{er} análisis (Al quinto mes)	49.18 ± 1.87	1.99%		Septiembre	845.64 ± 3.59	34.14%

Fuente: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

Fuente: Valores obtenidos en este trabajo.

Tabla N°14. Valores de Antocianinas totales (mg/100 g) obtenidos.

Resultados obtenidos en un Horno Convencional				Resultados obtenidos con el Deshidratador Dual			
Muestra	Mes de análisis	Antocianinas monoméricas totales (mg/100g)	% obtenido	Muestra	Mes de análisis	Antocianinas monoméricas totales (mg/100g)	% obtenido
Camu camu deshidratado	1 ^{er} análisis	12.51 ± 0.96	11.95%	Camu camu deshidratado	Mayo	32.87 ± 0.32	31.34%
	2 ^{do} análisis (Al tercer mes)	5.32 ± 0.08	4.82%		Julio	32.25 ± 0.33	30.75%
	3 ^{er} análisis (Al quinto mes)	ND	0%		Septiembre	31.91 ± 0.34	30.42%

Fuente: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

Fuente: Valores obtenidos por el autor.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1-Contenido de Vitamina C

Los valores de la cuantificación de vitamina C para la muestra de camu camu fresco y deshidratado se encuentra dentro de lo establecido por los diversos autores. Ferreira (2012) obtuvo un contenido de ácido ascórbico de 1100.54 mg/ 100g y 945.70 mg/100g para el fruto fresco de camu camu cultivado en diferentes ambientes seco e inundado respectivamente. Por otra parte Baldeón *et al.* (2014) obtuvieron un valor de 1092.85 mg de ácido ascórbico / 100g de muestra, de igual manera Torres (2010) obtuvo un valor de 1733.33 mg de ácido ascórbico/ 100g de fruto fresco de camu camu en ambos casos.

Mientras que en este estudio realizado se obtuvo un valor de 1374.93 mg de ácido ascórbico/ 100g en el fruto fresco y 484.07 mg de ácido ascórbico /100g para el fruto deshidratado de camu camu, obteniendo un valor de ácido ascórbico para fruto fresco que se encuentra dentro de los valores obtenidos por los autores mencionados.

Con respecto a esta variación de los valores obtenidos de vitamina C, Cheftel (1977) indica que se debe a muchos factores como son: la especie y variedad, condiciones de cultivo, estados de madurez, condiciones de transporte, duración del almacenamiento y tratamiento tecnológico.

El porcentaje de ácido ascórbico obtenido en la muestra deshidratada de camu camu fue de 35.2%, es decir mayor a lo que comúnmente se encuentra para este fruto donde se utiliza otros métodos de deshidratación (como se puede observar en la tabla N°12), los cuales trabajan con temperaturas altas y tiempos prolongados afectando así la estabilidad de la vitamina C. En cambio, utilizando el equipo de Deshidratador dual que trabaja con rayos infrarrojos y a una temperatura de 45°C en un menor tiempo de secado de 6 a 8 horas, se obtuvo una mejor estabilidad de la vitamina C, lo cual significa que es un buen método para la deshidratación del fruto de camu camu.

6.2-Contenido de Polifenoles Totales

El contenido de polifenoles totales del camu camu antes y después de la deshidratación se muestran en las tablas N°6 y N° 7, donde se puede observar que los valores obtenidos se encuentran dentro de lo establecido por los diversos autores. Estudios realizados por Jáuregui *et al.* (2007) reportaron una concentración de compuestos fenólicos totales de 2393.72 mg de ácido gálico/100g de fruto fresco de camu camu. Por otro lado Villanueva *et al.* (2008) obtuvieron valores de polifenoles totales de 6.02 mg de Ác. Gálico/g, 7.70 mg de Ác. Gálico/g y 5.95 mg de Ác. Gálico/g de cáscara seca de camu camu en estado maduro, pintón y verde respectivamente.

Según Torres (2010) obtuvo un valor 1.67 mg de Ác. Gálico/100g en pulpa fresca de camu camu. Por otra parte, en los estudios realizado por Ferreira (2012) obtuvo valores de compuestos fenólicos totales de 1180.42 mg de Ác. Gálico/100g y 978.14 mg de Ác. Gálico/100g en fruto fresco de camu camu cultivado en diferentes ambientes seco e inundado respectivamente.

Salgado *et al.* (2012) reportaron valores de 1358.58 mg de Ác. Gálico/100 g y 1382.48 mg de Ác. Gálico/100g en pulpa y cáscara fresca de camu camu respectivamente y valores de 1253.75 mg de Ác. Gálico/100g y 1658.76 mg de Ác. Gálico/100g en pulpa y cáscara liofilizada de camu camu respectivamente. Autores como Baldeón *et al.* (2014) obtuvieron un valor de 1054.67 mg de Ác. Gálico/100 g de fruto fresco de camu camu.

Mientras que en este estudio realizado se obtuvo un valor de 2477.17 mg de Ác. Gálico/ 100 g de la muestra fresca de camu camu y 865.81 mg de Ác. Gálico/100 g de la muestra deshidratada de camu camu, obteniendo así buenas concentraciones de compuestos fenólicos totales, comparados con los valores obtenidos por los autores mencionados.

Las diferencias con respecto a los resultados obtenidos por los diferentes estudios se pueden atribuir al método de extracción y a la variedad del fruto que es otro factor que influye en el contenido de los constituyentes activos, debido a las diferencias que existen entre las condiciones de crecimiento de la planta, como son la humedad, la temperatura, la fertilidad del suelo, entre otras (Ottai *et al.*, 2004).

El porcentaje de compuestos fenólicos totales obtenido en la muestra deshidratada de camu camu fue de 34.95%, es decir mayor a lo que comúnmente se encuentra para este fruto donde se utiliza otros métodos de deshidratación (Tabla N°13), por lo tanto, es posible afirmar que el método de secado empleado en esta investigación, que fue realizado mediante el Deshidratador dual, resultó ser eficiente.

6.3-Contenido de Antocianinas Totales

En las tablas N°9 y N°10 se muestra el contenido de antocianinas totales que se obtuvo para este estudio, que fue un valor de 104.89 mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra fresca de camu camu y 32.87mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra deshidratada de camu camu.

Por otra parte Villanueva *et al.* (2008) obtuvieron valores de 46.42 mg de cianidina-3-glucósido/100 g y 3.83 mg de cianidina-3-glucósido/100 g en cáscara fresca de camu camu en estado maduro y pintón respectivamente.

Estudios realizados por Torres (2010) reportó concentraciones de antocianinas totales de 0.85 mg de cianidina-3-glucósido/100 g de pulpa fresca de camu camu. Por otro lado Ferreira (2012) obtuvo valores de 209 mg de cianidina-3-glucósido/100 g y 223.14 mg de cianidina-3-glucósido/100 g de pulpa y cáscara seca de camu camu respectivamente, cultivado en un ambiente seco además de 158.86 mg de cianidina-3-glucósido /100 g y 171.87 mg de cianidina-3-glucósido /100 g de pulpa y cáscara seca de camu camu respectivamente, cultivado en un ambiente inundado.

Debido a estas diferencias obtenidas en los resultados expuestos, Geankoplis (1982) y Heldman (1998) mencionan que el proceso de extracción es afectado por factores como la temperatura, polaridad del solvente y tamaño de la partícula, los que permiten lograr un buen contacto del sólido con el solvente, influyendo así en la concentración de estos pigmentos.

De la Tabla N°14 se puede observar que el porcentaje obtenido en la muestra deshidratada de camu camu para las Antocianinas totales fue de 31.34%, un resultado que fue mucho mejor frente a lo obtenido por un Horno convencional que fue de 11.95%, por lo tanto, es posible afirmar que el método de secado empleado en esta investigación, resultó ser más eficiente.

VII. CONCLUSIONES

En la realización de la caracterización química del Camu camu, donde se midió el contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos totales y antocianinas totales para una muestra de pulpa y cáscara fresca y deshidratada de camu camu, se encontró que la concentración de Vitamina C en la muestra deshidratada se preserva en un 35.20% respecto del contenido medido en la muestra fresca. Para el contenido de compuestos fenólicos totales se preservó un 34.95% en la muestra deshidratada respecto del contenido medido en la muestra fresca y para las antocianinas totales se preservó en un 31.34% en la muestra deshidratada, lo cual representa el doble de las concentraciones normales obtenidas cuando se emplea un secado por métodos convencionales.

Los rayos infrarrojos utilizados en el deshidratador dual para el proceso de secado del camu camu, afectó solo al agua contenida en el fruto permitiendo así que se conserve mejor sus características organolépticas, pues se registró una pérdida de sólo 0.4% a 0.9% al término de la evaluación de 4 meses. Lo cual resultó un producto estable (ficha técnica Anexo 3) comparado con otros métodos de secado donde se obtiene un producto con un tiempo de vida útil no mayor de 5 a 6 meses.

Por lo tanto, la metodología empleada en este estudio, según los resultados químicos obtenidos demuestran que el método de secado realizado en un deshidratador dual es eficiente.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer el deshidratado del fruto de camu camu en el equipo de deshidratador dual a una temperatura de 60°C las dos primeras horas de secado, posteriormente trabajar a una temperatura de 40°C las cuatro horas restantes del proceso de secado.
- Se sugiere trabajar con los frutos de camu camu en un estado de madurez pintón y semi maduro para una mejor obtención de Vitamina C, Antocianinas y Polifenoles.
- Dado a los buenos resultados obtenidos con el equipo de deshidratador dual frente a otros equipos de deshidratación convencional, se recomienda su uso para la deshidratación de frutas y verduras.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascuña, Y., Lira, J., y Mourao, P. (1997) *Proyecto de prefactibilidad para la producción de pulpa de camu camu*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). 2005. Official methods of analysis of the AOAC. 18 ed. Gaithersburg, M.D, USA.
- Araujo, P. F. (2012) *Compostos Bioativos de Camu-camu (Myrciaria dubia) em Função do Ambiente de Cultivo e do Estádio de Maturação*. Tesis de doctorado en Ciencia y Tecnologia de Alimentos. Brasil: Universidad Federal de Viçosa.
- Badui D. S. 2006. *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Educación, México.
- Chang, A. (2013) *El Camu camu: Aspectos Químicos, Farmacológicos y Tecnológicos*, pp. 13-18, Perú.
- Cheftel, J., y Cheftel, H. (1977) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Vol I. editorial Acribia , Zaragoza – España.
- Correa, S. (2001) *Cultivo de Camu camu Myrciaria dubia H.B.K. en la región de Loreto*. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.1 n° 1 p. 9 - 30. Perú.
- Correa, S. y Aldana, M. (2007) *Tecnología para la producción de camu camu Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh*. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.1 n° 2 p. 7 - 44. Perú.
- Ferreira, N., y Gentil, O. (2012) *Propagacao assexuada do camu camu (Myrciaria dubia) a través de enxertias do tipo garfagem*. *Acta Amazónica* 27 (3): 163 - 168. Manaus (Brasil): INPA.
- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2008) *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Giusti, M. y Wrolstad, R. E. (2001) *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV- Visible Spectroscopy*. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1. 2.1-2.13.

- Hernandez, R. E. (2003) *Estudio Comparativo de la cuantificación del Acido Ascórbico (vitamina "C") en Jugo de Naranja utilizando el método de titulación Yodométrica a Microescala y Yodométrica a Macroescala*. Tesis para optar el grado de Licenciado en Química y Farmacia. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- James, W. y Penn, J. (2006) *The cultivation of camu camu (Myrciaria dubia): a tree planting programme in the Peruvian amazon*.
- Johnson, D., y Stockley, S (2001) *The case for anthocyanin consumption to promote human health: A review*. Rev. Food Sci. F 12:483–508.
- Jiménez, C. (2014) *Utilización de Maíz Pigmentado para la elaboración de un Alimento Funcional*. Tesis para obtener el grado de Especialista en Biotecnología. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Klinar, S., Chanllío, J. y Chang, A. (2009) *Evaluación de la Actividad Antioxidante de Myrciaria dubia (H. B. K.) Mc Vaugh "Camu-camu"*. Fitoica, 1, pp. 12-22.
- Klinar, S., Chanllío, J. y Chang, A. (2009) *Evaluación Comparativa de contenido de Vitamina C en diferentes estados de Maduración del Fruto de Camu-camu (Myrciaria dubia (H. B. K.) Mc Vaugh) Según NTP 011:030:2007*. Fitoica, 1, pp. 23-32.
- Lopez, A., Vega, R., y Vargas, V. (2000) *Forma, capacidad y material de recipiente para cosecha de camu camu en suelos aluviales*.
- López, X., Oliart, R., Valerio, G., Lee, H., Parkin, K., y Garcia, H. (2002) *Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize*. LWT-Food Sci. Technol. 42:1187-1192.
- Matei, N., Birghila, S., Magearu, V., Dobrinas, S. y Popescu, V. (2006) *Kinetic Study of Vitamin C Degradation from Pharmaceutical Products*. Romania: Ovidius University.
- Natura. (1999) *Antioxidantes contra el envejecimiento y las enfermedades*. pp. 32-39.
- Ortíz, M., Reza, M., Chew, R. G. y Meza, J. A. (2011) *Propiedades funcionales de las Antocianinas*. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, volumen XIII, N°2 p. 16-22. México.

- Pinedo, M., Rengifo, S. E., y Cerruti, S. T. (2001) *Plantas medicinales de la Amazonía Peruana. Estudio de su uso y cultivo*. Ed IIAP, PNUD CAF, FIDA, TCA.
- Ramos, L., Kristenson, E. M., y Brinkman, U. A. (2002) *Current Use of Pressurised Liquid Extraction and Subcritical Water Extraction in Environmental Analysis*. *Journal of Chromatography A*, Vol. 975, No. 1, pp. 3-29.
- Ramos, Z. (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*, v.2 n° 2 p. 89 - 99. Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (IIAP).
- Restrepo-Sánchez, D. C., Narváez-Cuenca, C. E. y Restrepo-Sánchez, L. P. (2009) *Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia*. *Química Nova*, 32(6), pp.1517–1522.
- Rodriguez-Saona, L. E. y Wrolstad, R. E. (1994) *Extraction, Isolation, and Purification of Anthocyanins*. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1. 1.1-1.9.
- Rojas, T. A., y Alegría, M. C. (2009) *Influencia de los Encapsulantes: Goma arábiga y Dextrina sobre la calidad del Camu camu (Myrciaria Dubia) Liofilizado*. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Molina.
- Rubio, H. (2000) “Camu camu”, <http://www.ecuadorexporta.org/productosdown/fichadecamu-camuenperu500.pdf>.
- Salgado, N., Ramirez, M. J., Salvador, R., Beltran, Y. y Orrego, C. E. (2012) *Polifenoles en tres accesiones de Camu camu (Myrciaria Dubia)*. *Vitae*, vol. 19, núm. 1, pp. S360-S362. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Salinas-Moreno, Y., Galicia-Flores, L. A., Espinoza-García, B. M., y Sánchez-Feria, C. (2007) *Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de Extractos de Jamaica (Hibiscus sabdariffa L.) Nacional e Importada*. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(2), pp. 121–129.

- Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J. J., Vásquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F. y Velázquez-Cardelas, G. A. (2012) *Antocianinas y actividad antioxidante en Maíces (Zea mays L.) de las razas Chalqueño, Elotes cónicos y Bolita. Agrociencia*, 46(7), pp. 693–706.
- Sapei, L. y Hwa, L. (2013) *Study on the Kinetics of Vitamin C Degradation in Fresh Strawberry Juices. Procedia Chemistry*, 9, pp. 62-68. Indonesia: University of Surabaya.
- Shi, J., Yu, J., Pohorly, J. E., y Kakuda, Y. (2008) *Polyphenolics in Grape Seeds- Biochemistry and Functionality. Journal of Medicinal Food*, Vol. 6, No. 4, pp. 291-299.
- Singleton, V. L., y Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, pp. 144-158.
- Sotero, V., Silva, L., García, D. y Imán, S. (2009) *Evaluación de la Actividad Antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del Camu camu (Myrciaria dubia H.B.K.). Revista Sociedad Química del Perú*, 75(3), pp. 293-299.
- Swain, T., y Hillis, W. E. (1959) *The phenolic constituents of Prunus domestica I. Journal of Science and Food Agricultural*, 10, pp. 63-68.
- Taira, F. (2006) *Desde la Amazonia: la demanda del camu camu.* [http://www.monografias.com/trabajos34/demanda-camu-camu.](http://www.monografias.com/trabajos34/demanda-camu-camu)
- Tarrago, M. T., Phillips, k. M., y Cotty, M. (2012) *Matrix-specific method validation for quantitative analysis of vitamin C in diverse foods. Journal of Food Composition and Analysis*, 26, pp. 12-25.
- Taylor, L. (2001) *Herbal Secrets of the Rainforest. Raintree Nutrition, Inc., Austin, Texas 78758.* 360p.
- Torres, V. I. (2010) *Determinación del potencial Nutritivo y Funcional de Guayaba (Psidium guajava L.), Cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) y Camu camu (Myrciaria dubia Vaugh).* Tesis para la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

- Valencia, C. E., y Guevara, A. (2013) *Variación de la Capacidad Antioxidante y Compuestos Bioactivos durante el Procesamiento del Néctar de Zarzamora (Rubus fruticosus L.)*. *Revista Sociedad Química del Perú*, 79(2), pp. 116-125.
- Valls, J., Lampreave, M., Nadal, M., y Arola, L. (2008) *Importancia de los Compuestos Fenólicos en la calidad de los Vinos Tintos de Crianza*. España: Universidad Rovirai Virgili.
- Vega, R. (2002) *Desarrollo de Tecnologías de valor agregado para Camu camu en Ucayali*. Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).
- Villachica, H. (1996) *El cultivo del camu camu (Myrciaria dubia) en la Amazonia Peruana*. Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaria Protempore. Lima – Perú.
- Villachica, H., Lazarte, J., Clavo, M., Lescano, C., Arroyo, M., y Díaz, J. (1998) *Productos amazónicos del Perú: palmito, camu camu, uña de gato*. CODESU - Pucallpa.
- Villanueva, J. E., Condezo, L. A. y Asquieri, E. R. (2009) *Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh)*. Perú: Universidad Nacional de la Selva.
- Wrolstad R. E. y Durst R. (2001). *Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC: Handbook of Food Analytical Chemistry*. pp 33-45.
- Zapata, S. y Pierre-Dufour, J. (1993). *Camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) Mc Vaugh): Chemical Composition of fruit*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, pp. 349-351.

X. ANEXOS

ANEXO 1: ESPECTROSCOPIA ULTRAVIOLETA-VISIBLE

1.1-Conceptos previos

El fundamento de la espectroscopia se debe a la capacidad de las moléculas para absorber radiaciones, entre ellas las radiaciones dentro del espectro UV-visible. Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber y la eficiencia con la que se absorben dependen de la estructura atómica y de las condiciones del medio (pH, temperatura, fuerza iónica, constante dieléctrica).

Las moléculas pueden absorber energía luminosa y almacenarla en forma de energía interna. Esto permite poner en funcionamiento ciclos vitales como la fotosíntesis en plantas y bacterias. Cuando la luz (considerada como energía) es absorbida por una molécula se origina un salto desde un estado energético basal o fundamental, E_1 , a un estado de mayor energía (estado excitado), E_2 . Y sólo se absorberá la energía que permita el salto al estado excitado. Cada molécula tiene una serie de estados excitados (o bandas) que la distingue del resto de moléculas. Como consecuencia, la absorción que a distintas longitudes de onda presenta una molécula es su espectro de absorción que constituye una señal de identidad de la misma. Por último, la molécula en forma excitada libera la energía absorbida hasta el estado energético fundamental.

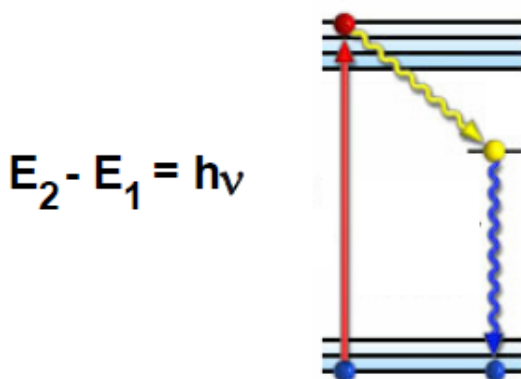


Fig. 30. Diagrama de niveles de energía en una molécula. La absorción de energía luminosa hace que la molécula pase desde un estado fundamental (E_1) a otro excitado (E_2). Posteriormente la molécula relaja su energía mediante distintos mecanismos (vibración, rotación, etc.)

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (rayos gamma) hasta frecuencias muy bajas (ondas de radio).

En espectroscopia el término luz no sólo se aplica a la forma visible de radiación electromagnética, sino también a las formas UV e IR, que son invisibles. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm).

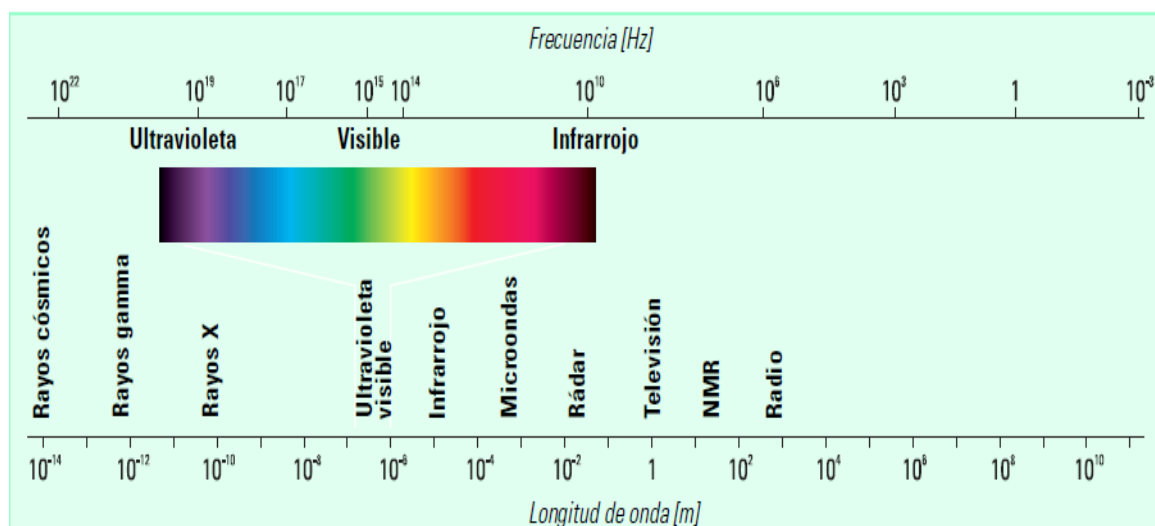


Fig 31. Espectro electromagnético

La **región UV** se define como el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm. Es una región de energía muy alta. Provoca daño al ojo humano, así como quemadura común. Los compuestos con dobles enlaces aislados, triples enlaces, enlaces peptídicos, sistemas aromáticos, grupos carbonilos y otros heteroátomos tienen su máxima absorbancia en la región UV, por lo que ésta es muy importante para la determinación cualitativa y cuantitativa de compuestos orgánicos. Diversos factores como el pH, concentración de sal y el disolvente que alteran la carga de las moléculas, provocan desplazamientos de los espectros UV.

La fuente de radiación ultravioleta es una lámpara de deuterio.

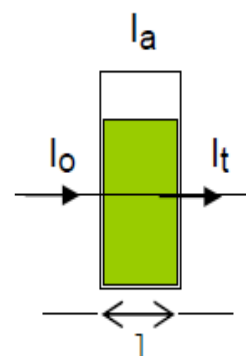
En la **región visible** apreciamos el color visible de una solución y que corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite, no que absorbe. El color que absorbe es el complementario del color que transmite.

Por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesario utilizar la longitud de onda en la que absorbe luz la solución coloreada. La fuente de radiación visible suele ser una lámpara de tungsteno.

Longitud de onda aproximada	Color de luz que se absorbe	Color de luz que se refleja o ve
390 - 435	Violeta	Amarillo verdoso
435 - 490	Azul	Amarillo
490 - 580	Verde	Rojo
580 - 595	Amarillo	Azul
595 - 650	Naranja	Azul verdoso
650 - 780	Rojo	Verde azulado

1.2-Transmitancia y Absorbancia

Cuando un rayo de luz de una determinada longitud de onda de intensidad I_o incide perpendicularmente sobre una disolución de un compuesto químico que absorbe luz, el compuesto absorberá una parte de la radiación incidente (I_a) y dejará pasar el resto (I_t), de forma que se cumple: $I_o = I_a + I_t$



La **transmitancia (T)** de una sustancia en solución es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra, I_t , y la cantidad de luz que incidió sobre ella, I_o , y se representa normalmente en tanto por ciento: $\% T = \frac{I_t}{I_o} \times 100$

La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre %T y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa.

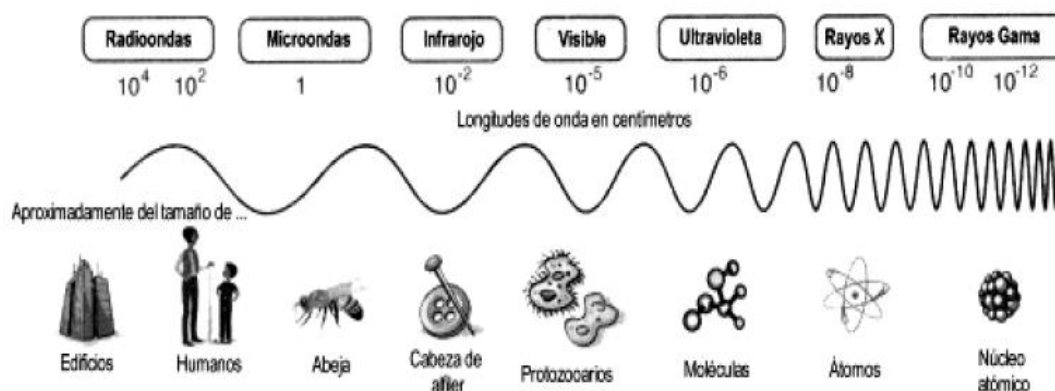
La **absorbancia (A)** es un concepto más relacionado con la muestra puesto que nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma, y se define como el logaritmo de $1/T$, en consecuencia: $A = \log 1/T = -\log T = -\log I_t / I_o$.

Cuando la intensidad incidente y transmitida son iguales ($I_o = I_t$), la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda, y entonces A vale $\log 1 = 0$.

La cantidad de luz absorbida dependerá de la distancia que atraviesa la luz a través de la solución y de la concentración de éste.

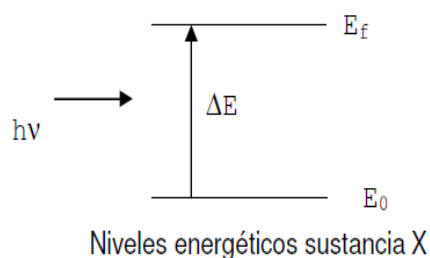
1.3-Espectroscopia UV-Visible

Para que la radiación electromagnética incidente, interaccione con la materia tiene que tener una λ del mismo tamaño o menor que las dimensiones del cuerpo irradiado. Es por ello que la radiación de la región del ultravioleta ($\approx 1-400\text{nm}$) nos permite obtener información de las transiciones electrónicas de las moléculas.



La espectroscopia UV-Vis se basa en el análisis de la cantidad de radiación electromagnética (en el rango de longitudes de onda del ultravioleta y visible) que puede absorber o transmitir una muestra en función de la cantidad de sustancia presente.

Todas las técnicas de absorción suponen que cuando una radiación incide sobre una muestra se produce una absorción parcial de esta radiación, lo que hace que se produzca una transición entre los niveles energéticos de la sustancia: átomo, molécula o ión, X, pasando esta al estado excitado, X^* , el resto de radiación es transmitida. Así analizando una u otra podemos relacionar la cantidad de especie activa presente en la muestra.



$$\Delta E = E_f - E_0 = h\nu$$

ΔE es característico de cada sustancia, lo que nos proporciona un análisis cualitativo de un analito en una muestra. Además, la cantidad de E absorbida o transmitida es proporcional a la concentración de X con lo que también podemos hacer un análisis cuantitativo.

La proporcionalidad ente intensidad de luz absorbida o transmitida y la concentración de analito viene definida por la ley de Lambert-Beer.

1.4-LEY DE LAMBERT-BEER

Esta ley expresa la relación entre absorbancia de luz monocromática (de longitud de onda fija) y concentración de un analito en solución. Se cumple para cualquier proceso de absorción en cualquier zona del espectro y se basa en que cada unidad de longitud a través de la cual pasa la radiación absorbe la misma fracción de radiación.

Si tenemos un haz de luz monocromática, " I_0 ", que pasa a través de un material de espesor, " l ", la disminución de la intensidad de luz transmitida, " I_t ", será proporcional al camino recorrido y a la concentración de la sustancia absorbente, " c ".

$$I = I_0 e^{-\varepsilon.l.c}$$

El factor de proporcionalidad, " ε ", se denomina absortividad molar y está relacionado con la probabilidad de absorción de radiación por parte de la sustancia en análisis.

Tomando logaritmos y reorganizando la ecuación anterior tenemos:

$$\log \frac{I_0}{I} = \varepsilon l c$$

donde " $\log I_0/I$ " se denomina absorbancia (A).

Si tenemos una sustancia cualquiera, X, que absorbe en el rango ultravioleta visible, debido a su configuración electrónica no lo hará a una única energía, sino que podrá absorber en un rango de energías con distinta eficiencia en cada una de ellas, esto da lugar al espectro de absorción de esta sustancia que indica la intensidad de luz absorbida de cada longitud de onda o energía.

Cada sustancia tiene un espectro de absorción característico que dependerá de la configuración electrónica de la molécula, átomo o ión y de los posibles tránsitos electrónicos que se puedan producir con la radiación que incide sobre ella.

1.5-Espectrofotómetro UV-visible

La medición de absorbancia de la luz por las moléculas se realiza en espectrofotómetros. Aunque pueden variar en diseño, en especial con la incorporación de ordenadores para el análisis de datos, todos los espectrofotómetros constan de:

1. Una fuente de energía radiante: lámpara de deuterio y tungsteno.
2. Un monocromador para la selección de radiaciones de una determinada longitud de onda: filtros, prismas, redes de difracción.
3. Un compartimento donde se aloja un recipiente transparente (cubetas o tubos) que contenga la muestra Pueden ser de vidrio, cuarzo o plástico transparente. Para medir en UV se deben usar las de cuarzo o sílice fundido, porque el vidrio no transmite la radiación UV.
4. Un detector de luz y un amplificador convertidor de las señales luminosas en señales eléctricas.
5. Un registrador o sistema de lectura de datos.

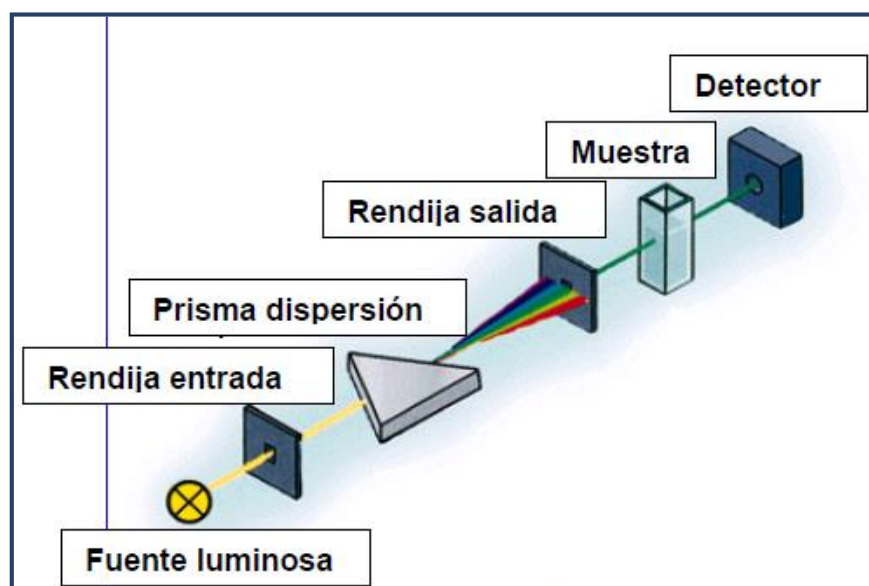


Fig. 32: Partes de un Espectrofotómetro.

Para realizar un espectro de una muestra determinada se conecta la fuente de luz que emite la luz policromática, se mide primero la absorbancia del disolvente (conocido como blanco) y al que se le asigna el valor de cero, de forma que la intensidad incidente y transmitida sean iguales ($I_0 = I_t$), y por tanto la absorbancia es cero. A continuación, se pone en la celdilla la cubeta con la muestra y a través del sistema óptico es irradiada la muestra con luz en un intervalo de λ y detectando cuanta de esa luz incidente I_0 , es transmitida, I , por la muestra a cada λ .

Curva de calibrado

Para obtener una curva de calibrado de un compuesto se preparan soluciones de diferentes concentraciones del mismo, determinándose para cada una de ellas el valor de absorbancia a $\lambda_{\text{máx}}$. Estos valores de absorbancia se representan en el eje de abscisas (eje de x) y los de concentración en el eje de ordenadas (eje de y). Se observará que, a bajas concentraciones, el aumento de concentración se corresponde con un incremento lineal en la absorbancia (zona de cumplimiento de la ley de Lambert-Beer). A concentraciones altas la linealidad se pierde y se observa que la línea se aplana, por lo que las medidas son poco fiables.

Para una muestra de concentración desconocida tan solo hay que medir su absorbancia a la longitud de onda del máximo y extrapolar en la curva de calibrado el valor de la concentración.

ANEXO 2: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

2.1- Preparación de Solución extractante y Estándares para la Vitamina C

- **Solución extractante:** Se prepara una solución conteniendo ácido metafosfórico al 3% (15 g), ácido acético al 8% (40 mL), ácido sulfúrico a 0.3 N (4 mL) y EDTA a 1mM (0.15 g) y se afora a un volumen de 500 mL con agua destilada.
- **Solución estándar de ácido ascórbico (1mg/mL):** Se pesó exactamente 50 mg de ácido L(+)-ascórbico y se disuelve antes de ser usado con la solución de $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ a un volumen de 50 ml.
- **Solución estándar de Indofenol:** Se disuelve 50 mg de 2,6-diclorofenolindofenol en 50 mL de agua destilada que contiene 42 mg de NaHCO_3 se agita vigorosamente hasta que el colorante se disuelva, luego se afora a un volumen de 200 mL con agua destilada.

2.2- Preparación de Soluciones extractantes y Estándar para Compuestos fenólicos.

- **Solución extractante de Acetona 70:30 (v/v):** Medir 70 ml de acetona y mezclar con 30 ml de agua destilada.
- **Solución extractante de Metanol 50:50 (v/v):** Medir 50 ml de acetona y mezclar con 50 ml de agua destilada.
- **Solución de carbonato de sodio 75 g/l:** Pesar 75 g de carbonato de sodio (Na_2CO_3) y disolver con un poco de agua destilada caliente y aforar a 1000 mL.
- **Solución estándar de ácido gálico de 1000 ppm:** Se Pesó 0,5076 g de ácido gálico, disolver con un poco de metanol y aforar a 500 ml con agua destilada. Preparar una curva de 0-500 ppm y proceder con el método.

2.3- Preparación de Soluciones extractantes y Buffers para Antocianinas

- **Solución extractante de Metanol: ácido acético: agua (10:1:9):** Medir 100ml de metanol, 10 mL de ácido acético y aforar a un volumen de 200 mL con agua destilada.
- **Solución extractante de Metanol al 1% de TFA:** Agregar 1 ml de ácido trifluoracético y aforar a un volumen de 100 ml con metanol.
- **Solución Buffer pH 1.0 (cloruro de potasio 0.025M):** Se pesaron 1.864 g de cloruro de potasio y se mezclaron en 980 mL de agua destilada usando un agitador magnético. Posteriormente se ajustó el pH a 1 con HCl concentrado y finalmente se aforó a 1L con agua destilada.
- **Solución Buffer pH 4.5 (acetato de sodio 0.4M):** Se pesaron 54.43 g de acetato de sodio y se mezclaron en 960mL de agua destilada; el pH se ajustó a 4.5 con HCl concentrado y se aforó a 1L con agua destilada.

ANEXO 3: FICHA TECNICA DE CAMU CAMU DESHIDRATADO CON EL EQUIPO DESHIDRATADOR DUAL.

CAMU CAMU EN POLVO FICHA TECNICA

I. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y ESPECIE		
Nombre Científico	Myrciaria dubia (H.B.K) McVaugh ó Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh	
Origen	Peru	
Parte de planta utilizada	Fruto	
Producto	Polvo deshidratado	
Estado	Sólido	
Vida útil	24 meses de la fecha de fabricación en empaque original sellado	
Empaque	Bolsa de aluminio de 5 kg.,caja de cartón corrugado	
II. CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS		
Análisis	Especificación	Método
Color	Beige - marrón claro	Organoleptico
Aroma	Típico del camu camu	Organoleptico
Sabor	Acido - típico del Camu Camu	Organoleptico
Textura	Micropulverizado	Organoleptico
III. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS		
Análisis	Especificación	Método
Granulometría	100% pasa por mesh 80	Sarandeo
	≤ 80% pasa por mesh 100	
Potencia	≥ 20% Vitamina C natural	LIDY-001
Humedad	≤ 6%	Gravimetrico
Excipiente	≥ cáscara de Camu camu	Formula
Método de secado	≤ 45°C	Secado infrarojo y solar
IV. CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS		
Análisis	Especificación	Método
Aerobios mesófilos	≤ 10,000 UFC/g.	ICMSF 2nd Ed.1983 Vol 1 Part II Method 1
Coliformes	≤ 100 UFC/g.	ICMSF 2nd Ed.1983 Vol 1 Part II Method 1
E. coli	Ausencia	ICMSF 2nd Ed.1983 Vol 1 Part II Method 1
Salmonella	Ausencia /25g.	ICMSF 2nd Ed.1983 Vol 1 Part II Method 1
Staph. Aureus	Ausencia	ICMSF 2nd Ed. 1983 Vol 1 Part II Method 5
Hongos y levaduras	≤ 1,000 UFC/g.	ICMSF 2nd Ed.1983 Vol 1 Part II

Fuente: Empresa Amazon Ruby S.A.C.