UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA COMO AGENTE ENCAPSULANTE DE LA VITAMINA C EN EL DESHIDRATADO POR LIOFILIZACIÓN DE LA PULPA DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia HBK McVaugh)* EN PUCALLPA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

KATHERIN EDITH MAMANI FUENTES

PUCALLPA-PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por la **Bach. KATHERIN EDITH MAMANI FUENTES**, denominada: **"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA COMO AGENTE ENCAPSULANTE DE LA VITAMINA C EN EL DESHIDRATADO POR LIOFILIZACIÓN DE LA PULPA DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia HBK McVaugh*) EN PUCALLPA"**, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo (*) **SOBRESALIENTE**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (Grado Académico.....), (Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**), de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 12 de Febrero del 2019.

Dr. Jaime Pastor Segura
Presidente

Ing. Isaías González Ramírez
Secretario

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc.
Miembro

Dr. Edgardo García Saavedra
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Jaime Pastor Segura ----------
Presidente

Ing. Isaías González Ramírez ----------
Secretario

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc. ----------
Miembro

Dr. Edgardo García Saavedra ----------
Asesor

Bach. Katherin Edith Mamani Fuentes ----------
Tesista

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Kathevin Edith Mamani Fuentes.

Autor de la TESIS titulada:

"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA COMO AGENTE ENCAPSULANTE DE LA VITAMINA C EN EL DESHIDRATADO POR LIOFILIZACIÓN DE LA PULPA DE CAMU CAMU (Myriciaria dubia HBK McVaugh) EN PUCALLPA"

Sustentada el año: 2019

Con la asesoría de: Dr. EDGARDO GARCÍA SAAVEDRA

En la Facultad de: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de: Ingeniería Agroindustrial

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

- [x] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
- [ ] Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 1 / 03 / 2019

Email: Katmf 23@gmail.com

Firma:

Teléfono: 958045839

DNI: 47359325

DEDICATORIA

A mis queridos padres Ángel y Gertrudes, gracias por sus horas de sacrificio laboral, esfuerzo, valores y apoyo incondicional que me han brindado; por ser mi inspiración y motivo de seguir en este mundo profesional, permitiéndome culminar mi carrera universitaria.

A mis hermanos Ovidio y Nancy, por el apoyo moral, por la buena comunicación entre nosotros, por los consejos y estar en cada momento de mi vida profesional.

A mis tíos Feliciano y Jesusa, por inculcarme valores y enseñarme a tomar buenas decisiones, por los consejos que me permitieron llegar hasta aquí como profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y bienestar que me permitieron concluir uno de mis proyectos, por darme la sabiduría al poder lidiar con obstáculos y poner en mi camino a personas maravillosas que de alguna y otra manera contribuyeron en la formación de mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater, por formarme como profesional y a todos los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, que contribuyeron en mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por permitirme realizar la presente tesis, con el apoyo de los laboratorios de ingeniería de los alimentos y el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía (CIDBAM).

Al Dr. Edgardo García Saavedra, por el asesoramiento, su tiempo y haberme orientado en mi proyecto de investigación. Así mismo al Ing. M.Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas, docente de la UNAS, por brindarme la facilidad y permitirme trabajar en el laboratorio de Ingeniería de los alimentos; y por su apoyo en la elaboración de este proyecto.

Al Ing. Darlym Reátegui Díaz, por su colaboración en el presente proyecto al compartirme sus conocimientos y experiencias en el campo de la investigación.

A la Ing. Sissy Pérez Peláez, por su tiempo, paciencia, amistad y direccionar en la ejecución del presente proyecto.

También, mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de una y otra forma han contribuido en la culminación de mi trabajo de tesis.

ÍNDICE

RESUMEN x

ABSTRACT xii

LISTA DE CUADROS xiv

LISTA DE FIGURAS xv

LISTA DE FOTOS xvi

I. INTRODUCCIÓN. 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA. 3

2.1. Antecedentes. 3

2.2. Generalidades del camu camu. 4

2.2.1. Origen y distribución geográfica. 4

2.2.2. Características del camu camu. 5

2.2.3. Aspectos botánicos. 6

2.2.4. Cualidades nutricionales. 6

2.2.5. Composición química. 8

2.3. Vitamina C. 9

2.4. Degradación química de la vitamina C. 12

2.5. Análisis fisicoquímico. 12

2.6. Antioxidantes. 13

2.6.1. Antioxidantes endógenos. 13

2.6.2. Antioxidantes exógenos. 14

2.7. Métodos para determinar capacidad antioxidante. 16

2.7.1. Método DPPH (Difenil Pitril Hidrazilo). 16

2.7.2. Método ABTS (Azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico). 17

2.8. Liofilización. 18

2.8.1. Etapas de la liofilización. 19

2.9. Agente encapsulante. 20
2.9.1. Funciones de la encapsulación. 22
2.9.2. Maltodextrina. 22
III. MATERIALES Y MÉTODOS. 24
3.1. Lugar de ejecución. 24
3.2. Materia prima. 24
3.3. Equipos, materiales y Reactivos de laboratorio. 24
3.3.1. Equipos de laboratorio. 24
3.3.2. Materiales de procesamiento. 25
3.3.3. Materiales de laboratorio. 25
3.3.4. Reactivos y soluciones. 25
3.4. Método de análisis. 26
3.5. Metodología experimental. 26
3.5.1. Obtención del fruto de camu camu. 26
3.5.2. Obtención de la pulpa. 26
3.5.3. Acondicionamiento de la pulpa de camu camu. 27
3.5.4. Liofilización de la pulpa de camu camu. 28
3.5.5. Cuantificación de vitamina C. 30
3.5.6. Evaluación de la capacidad antioxidante. 30
3.5.7. Cinética de la vitamina C. 31
3.5.8. Análisis estadístico. 31
IV. RESULTADOS. 33
4.1. Características fisicoquímicas de la pulpa de camu camu. 33
4.2. Determinación de Vitamina C de la pulpa de camu camu. 33
4.3. Determinación de la vitamina C para el producto liofilizado. 33
4.4. Capacidad antioxidante de la pulpa de camu camu. 35
4.5. Capacidad antioxidante del producto liofilizado por tratamiento. 35

4.6. Cinética de la vitamina C en la pulpa liofilizada por tiempo. 36
V. DISCUSIÓN. 38
5.1. Características fisicoquímicas de la pulpa de camu camu. 38
5.2. Determinación de Vitamina C de la pulpa de camu camu. 38
5.3. Vitamina C del producto liofilizado. 39
5.4. Cinética de la vitamina C. 39
5.5. Capacidad antioxidante de la pulpa de camu camu. 40
5.6. Capacidad antioxidante del producto liofilizado. 40
VI. CONCLUSIONES. 42
VII. RECOMENDACIONES. 43
VIII. LITERATURA CITADA. 44
IX. ANEXO. 53

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en los laboratorios de Ingeniería de los Alimentos y el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía (CIDBAM); de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), situado en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, con una temperatura anual promedio de 24°C y humedad relativa de 82% a una altitud de 660 msnm. Los objetivos del estudio fueron: evaluar el efecto de la concentración de maltodextrina como agente encapsulante de la vitamina C en el deshidratado por liofilización de la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia HBK McVaugh*), evaluar la capacidad antioxidante, determinar la cinética de la vitamina C y determinar las características fisicoquímicas.

Las operaciones del liofilizado fueron: selección, clasificación, pesado, lavado y desinfectado, despulpado, tamizado, almacenado, acondicionamiento de la pulpa de camu camu con encapsulante maltodextrina, liofilizado, envasado y almacenado. Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA) para la cuantificación de vitamina C, evaluación de la capacidad antioxidante y cinética de vitamina C, teniendo 6 tratamientos: T1 (0% maltodextrina), T2 (10% maltodextrina), T3 (13% maltodextrina), T4 (14% maltodextrina), T5 (15% maltodextrina), T6 (16% maltodextrina) y 3 repeticiones, con un total de 18 unidades experimentales. Las variables que mostraron diferencia estadística se evaluaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tuckey. Para la cinética de la vitamina C, se trabajó con 3 tratamientos por 5 días y 3 repeticiones. Se utilizó SPSS Statistics para todas las evaluaciones.

Las características fisicoquímicas de la pulpa de camu camu fueron: humedad (93.13 ± 0.115 %), pH (2.71 ± 0.012), acidez (3.20 ± 0.320 %), grados Brix (6.50 ± 0.115). La determinación de ácido ascórbico fue realizada por el método de espectrofotometría UV VIS a una longitud de onda 515 nm. La capacidad antioxidante fue determinada por la inhibición del DPPH. La mejor concentración de vitamina C en la pulpa liofilizada de camu camu, se determinó con el tratamiento 3 (13% de encapsulante) con 15014 mg EAA/100g muestra. Para la capacidad antioxidante de inhibición de radicales libres DPPH de la pulpa liofilizada fue para el tratamiento 3, al 13%, con un valor de IC50 de 19.217 ug/

100 g de muestra; y en la cinética de vitamina C en la pulpa liofilizada se demostró que al 13% de maltodextrina existe mejor estabilidad, conservando en un 13320 mg/100g de ácido ascórbico.

Palabras claves: Vitamina C, agente encapsulante, liofilización, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the laboratories of Food Engineering and the Research Center for the Biotechnological Development of the Amazon (CIDBAM); of the National Agrarian University of the Forest (UNAS), located in the city of Tingo María, province of Leoncio Prado, department of Huánuco, with an average annual temperature of 24 ° C and relative humidity of 82% at an altitude of 660 meters above sea level . The objectives of the study were: to evaluate the effect of the concentration of maltodextrin as an encapsulating agent of vitamin C in the dehydrated by lyophilization of the camu camu pulp (*Myrciaria dubia HBK McVaugh*), to evaluate the antioxidant capacity, to determine the kinetics of vitamin C, determine the physicochemical characteristics.

The lyophilized operations were: sorting, sorting, weighing, washing and disinfecting, pulping, sieving, storage, conditioning of the camu camu pulp with maltodextrin encapsulant, lyophilized, packed and stored. The completely randomized statistical design (DCA) was used for the quantification of vitamin C, evaluation of the antioxidant capacity and kinetics of vitamin C, having 6 treatments: T1 (0% maltodextrin), T2 (10% maltodextrin), T3 (13 % maltodextrin), T4 (14% maltodextrin), T5 (15% maltodextrin), T6 (16% maltodextrin) and 3 repetitions, with a total of 18 experimental units. The variables that showed statistical difference were evaluated by Tuckey's multiple comparison test. For the kinetics of vitamin C, we worked with 3 treatments for 5 days and 3 repetitions. SPSS Statistics was used for all evaluations.

The physicochemical characteristics of the camu camu pulp were: humidity (93.13 ± 0.115%), pH (2.71 ± 0.012), acidity (3.20 ± 0.320%), Brix degrees (6.50 ± 0.115). The determination of ascorbic acid was performed by the UV VIS spectrophotometry method at a wavelength of 515 nm. The antioxidant capacity was determined by the inhibition of DPPH. The best concentration of vitamin C in the lyophilized pulp of camu camu was determined with treatment 3 (13% encapsulant) with 15014 mg EAA / 100g sample. For the antioxidant capacity of inhibition of free radicals DPPH of the lyophilized pulp was for treatment 3, at 13%, with an IC 50 value of 19,217 ug / 100 g of sample; and in the kinetics of vitamin C

in the lyophilized pulp it was demonstrated that 13% of maltodextrin has better stability, preserving 13320 mg / 100g of ascorbic acid.

Keywords: Vitamin C, encapsulating agent, lyophilization, antioxidant capacity,

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del camu camu en 100 g de pulpa. 8
Cuadro 2. Concentraciones de vitamina C en el camu camu. 11
Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos para la pulpa de camu camu. 13
Cuadro 4. Tipo de cubierta utilizada en encapsulación 21
Cuadro 5. Concentraciones de maltodextrina..... 27
Cuadro 6. Análisis fisicoquímico para la pulpa de camu camu. 33
Cuadro 7. Determinación de vitamina C en la pulpa de camu camu. 33
Cuadro 8. Concentración de vitamina C en la pulpa liofilizada. 34
Cuadro 9. Determinación de la capacidad antioxidante en la pulpa de camu camu. 35
Cuadro 10. Capacidad antioxidante de la pulpa liofilizada de camu camu..... 35
Cuadro 11. Cinética de la vitamina C (mg vit C/100g), tratamiento por tiempo. .. 36
Cuadro 12. Concentración de vitamina C en la pulpa liofilizada a los 5 días de evaluación por la cinética…… 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química del radical libre DPPH..... 16
Figura 2. Estructura química del ABTS. 17
Figura 3. Fase de la liofilización 19
Figura 4. Flujograma del proceso de liofilización de pulpa de camu camu..... 29
Figura 5. Comparación entre la concentración de vitamina C del liofilizado de camu camu por % de encapsulante. 34
Figura 6. Comparación entre la capacidad antioxidante del liofilizado de camu camu, por % de encapsulante…… 36
Figura 7. Comportamiento de cinética de la vitamina C en el producto liofilizado…… 37

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Recolección de camu camu ……54
Foto 2. Selección y clasificación …….. 54
Foto 3. Pesado…… 54
Foto 4. Lavado y desinfectado..... 54
Foto 5. Despulpado y tamizado ……... 54
Foto 6. Almacenado..... 54
Foto 7. Acondicionamiento de la pulpa …….. 55
Foto 8. pulpa congelada 55
Foto 9. Sublimación ……... 55
Foto 10. Armado y liofilizado..... 55
Foto 11. Envasado …… 55
Foto 12. Almacenado..... 55
Foto 13. Acidez titulable …… 58
Foto 14. Determinación de acidez 58
Foto 15. Muestra para la humedad …… 58
Foto 16. Determinación de humedad..... 58
Foto 17. Determinación de grados Brix …….. 58
Foto 18. Determinación de pH..... 58
Foto 19. Preparación de la pulpa …… 59
Foto 20. Lectura de la vitamina C..... 59
Foto 21. Extracto del liofilizado …… 59
Foto 22. Diluciones ……59
Foto 23. Reacciones …….. 59
Foto 24. Lectura de la vitamina C para el liofilizado 59
Foto 25. Reactivos para DPPH ……... 60
Foto 26. Preparación de la muestra..... 60
Foto 27. Extractos …….. 60
Foto 28. Diluciones..... 60
Foto 29. Cubetas de espectro …….. 60
Foto 30. Dilución de la reacción para antioxidante 60

I. INTRODUCCIÓN.

Entre los frutales nativos de la Amazonía Peruana destacables se tiene al Camu-camu, siendo de gran importancia comercial por su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico), de aproximadamente 2800 mg/100g de pulpa fresca, concentración ostensiblemente superior al de otros frutos (naranja con 92mg/100g de pulpa y limón con 44.2mg/100g de pulpa) y hortalizas del mundo, lo que le confiere gran potencial económico en la Agroindustria (Flores, 1997).

Sin embargo el camu camu es una fruta muy especial, sus características particulares nos enfrentan a retos tecnológicos que deben de ser superados para lograr su comercialización, tanto a nivel nacional como internacional, nos referimos a la vitamina C, siendo la menos estable de las vitaminas hidrosolubles. Oxidándose fácilmente en presencia de oxígeno y cuando se eleva la temperatura y; en factores como el pH y catalizadores metálicos (Ramos et al., 2002).

Los antioxidantes del fruto de camu camu, son de gran importancia ya que pueden impedir o prevenir que las reacciones por radicales libres se lleven a cabo, dentro de los alimentos o el metabolismo celular; es por ello, que su consumo es muy importante para mantener un balance adecuado de radicales libres en el organismo (Blasco et al., 2007).

Por el alto potencial productivo y concentración de vitamina C, es posible obtener pulpa congelada, concentrada, deshidratada, atomizada y liofilizada (Vásquez, 2000).

El proceso de liofilización en los alimentos se ha considerado como el mejor método de deshidratación que además de conservar las características organolépticas y nutricionales del alimento, le otorga un valor agregado (Ramírez, 2011).

La liofilización es un método aplicable al camu camu porque retiene su valor nutritivo en los alimentos, en mayor proporción que otros sistemas de secado, y que en conjunto con el agente encapsulante, Maltodextrina, permite retener la

vitamina C y que este no se pierda. De acuerdo a ello el presente trabajo de investigación tiene como finalidad cumplir con los siguientes objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la concentración de maltodextrina como agente encapsulante de la vitamina C en el deshidratado por liofilización de la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia HBK McVaugh*).

Objetivos específicos

- Evaluar la capacidad antioxidante del fruto de camu camu en la pulpa y pulpa liofilizada.
- Determinar la cinética de la vitamina C en la pulpa liofilizada de camu camu.
- Determinar las características físico-químicas de la pulpa de camu camu.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Antecedentes.

Alvarado *et al.* (2002), estudió la 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). Empleó diferentes factores de conservación de la vitamina C en la pulpa de camu camu: temperatura de conservación (-5°C,-10°C,-17°C a -22°C), métodos de congelación, métodos de concentración (ebullición a presión atmosférica y liofilización), donde la técnica de concentración de pulpa de camu camu más eficiente fue la liofilización, que concentró en 16 veces la vitamina C y la mejor temperatura de almacenamiento es -17°C a -22°C previo tratamiento de la pulpa mediante congelamiento rápido a temperatura menor de -20°C.

Villanueva *et al.* (2010), analizó las antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu camu (Myrciaria Dubia (H.B.K) McVaugh). Los análisis fueron evaluados con diferentes tipos de radicales (DPPH, ABTS y Peroxilo) y correlacionar el valor de ácido ascórbico y polifenoles totales con la actividad antioxidante. Los resultados de las evaluaciones de cada experimento fueron analizados por un diseño completamente al azar (DCA). El extracto de la cáscara seca del pintón mostró el mayor valor de ácido ascórbico y polifenoles totales con 53,49 $mg.g^{-1}$ muestra y 7,70 mg de Ac. Gálico/g muestra. La mayor actividad antioxidante fue en los extractos de la cáscara seca de muestra pintón frente a los radicales DPPH, ABTS y Peroxilo respectivamente.

Sotero *et al.* (2009), investigó la evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu (Myrciaria dubia H.B.K). La evaluación de la actividad antioxidante se realizó mediante radicales libres del DPPH; y se determinó la concentración de compuestos fenólicos y ácido ascórbico, mediante el método espectrofotométrico y por cromatografía de HPLC. Los 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 concentraciones de ácido ascórbico en peso seco reportan la mayor concentración en pulpa: 14337,94 mg/100g y cáscara: 10506,37 mg/100g, siendo inferior en semilla: 87,08 mg/100g.

Casanova (2013), estudió el efecto de la temperatura de secado y concentración de encapsulante en el rendimiento del jugo de camu camu atomizado. Las variables estudiadas fueron la concentración de maltodextrina (%) y temperatura de entrada de aire (°C). en donde los parámetros óptimos para secar jugo de camu camu por atomización corresponden a un 15% de maltodextrina y 153°C de temperatura de entrada de aire. Obteniendo 7397.46 mg/100g (7.4%) de ácido ascórbico en el jugo de camu camu secado por atomización; esto se atribuye al empleo de maltodextrina evitando la degradación térmica y oxidación de la vitamina C.

Pereira (2014), estudió el comportamiento higroscópico de la pulpa de papaya liofilizado con maltodextrina. Las formulaciones para la pulpa liofilizada de papaya fueron: pulpa de papaya, pulpa de papaya con maltodextrina al 5% y pulpa de papaya con maltodextrina al 15%. La pulpa fue almacenada a -20 ° C y luego fue descongelada y colocadas en bandejas de ultracongelador a -40 ° C para ser llevados a un liofilizado. En donde las concentración al 15% de maltodextrina mostró mejores resultados. La adición de maltodextrina mejoró la estabilidad y disminuyó la higroscopicidad

2.2. Generalidades del camu camu.

2.2.1. Origen y distribución geográfica.

El Camu-Camu crece de manera natural en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la Amazonía. Su distribución natural indica que la mayor concentración de poblaciones y de diversidad se encuentra en la Amazonía peruana, a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas y sus afluentes, en el sector ubicado entre las localidades de Pucallpa (sobre el río Ucayali) y Pebas (sobre el río Amazonas), (Mendoza et al., 1989).

El Camu Camu (Myrciaria dubia) en estado natural se localiza en fajas de ribera que pueden ser muy estrechas, como en el río Nanay (unos 5 m), hasta muy amplias (unos 100 m) en el río Putumayo. Existen poblaciones naturales en el Perú, Brasil, Colombia y Venezuela. En el Perú, se encuentra en un gran número de cuerpos de aguas negras, de origen amazónico, afluentes de los ríos Nanay, Napa, Ucayali, Marañón, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Ampiyacu, Apayacu, Manití. Oroza,

Putumayo, Yavarí y Curaray. En Brasil, se encuentra en los ríos Tocantins y Trombetas (Estado de Pará); Yavarí, Madeira, Negro y Xingú (Estado de Amazonas); Macangana y Urupé (Estado de Rondonia). También está presente en los ríos Orinoco, Caciqueare, Oreda, Pargueni y Caura (Venezuela), así como también en el río Inírida (Colombia), (IIAP, 2000).

Imán y Melchor (2007) reportaron que la Estación Experimental Agraria San Roque del INIA Iquitos, conserva una Colección Nacional de Germoplasma de camu camu compuesta por 43 accesiones o muestras de la variabilidad poblacional de rodales naturales pertenecientes a 8 importantes cuencas hidrográficas de la Región Loreto, el material genético ha sido caracterizado y evaluado morfológicamente por un período de 10 años permitiendo identificar genotipos promisorios de alto potencial de producción de frutos y alto contenido de ácido ascórbico (mayores 15 kg de fruto/planta y mayores de 2000 mg/100g de ácido ascórbico).

Chávez (1993) indica que el Camu Camu se encuentra a lo largo del río Amazonas hasta el estado de Amazonas en Brasil, así como en la cuenca superior del río Orinoco, y en el estado de Rondonia, Brasil. Sin embargo, la presencia de la especie en estas zonas no es tan frecuente y abundante como la observada a lo largo de los ríos y lagos en la Amazonía peruana, donde se encuentran grandes poblaciones nativas, casi mono específicas.

2.2.2. Características del camu camu.

La fruta es de forma globosa y esférica, color rojo oscuro, hasta negro púrpura al madurar, con aprox. 3 centímetros de diámetro y 20 gramos de peso, semejante a la cereza. La pulpa del fruto maduro es comestible, de agradable sabor ácido, parecido a la cereza y el limón. (Vizcarra, 2002).

Las hojas varían entre 4.5 y 12 cm de longitud y el ancho entre 1.5 y 4.5cm; tienen ápice muy puntiagudo y la base redondeada, a menudo algo asimétrico. Las inflorescencias son axilares, con cuatro flores subsésiles, dispuestas en dos pares. Los pétalos están en número cuatro, son de color blanco, de 3 a 4mm de largo, aovados, cóncavos glandulosos y ciliados (Torres, 2010).

2.2.3. Aspectos botánicos.

Se deben de tener en cuenta 2 tipos de camu camu: el arbustivo y el arbóreo. El arbustivo es el más difundido en la región amazónica, tiene generalmente hasta 4m de altura pudiendo alcanzar 8m, crece en los márgenes de los ríos y lagos de aguas oscuras puede permanecer cubierto por agua por hasta cinco meses en el año. El arbóreo generalmente es encontrado en los pantanos de aguas quietas con mal drenaje (zonas inundable y no inundable). La especie arbórea (Myrciaria sp.) presenta un contenido de vitamina C inferior al de la Myrciaria dubia, además de otras características como el color del fruto más intenso (rojo-marrón) (Villachica, 1996).

El contenido de ácido ascórbico de los frutos de camu camu procedentes de diferentes regiones, en diferentes períodos de cosecha varia ampliamente, lo que se debe en gran parte a la influencia de factores genéticos y ambientales entre las diferentes poblaciones (Teixeira, 2004).

El Camu Camu tiene la siguiente clasificación botánica:

Tipo: Fanerógamas
Subtipo: Angiospermas
Clase: Dicotiledóneas
Orden: Myrtáceas
Familia: Myrtaceae
Género: Myrciaria
Especie: Dubia H.B.K. Mc. Vaugh.
Nombres: Camu camu (Perú), guayabito (Venezuela), caçari, arazá de agua y crista de galo (Brasil).

2.2.4. Cualidades nutricionales.

Entre los frutales nativos de la Amazonía Peruana destacables se tiene al Camu-camu (Myrciaria dubia H.B.K.) pues es de gran importancia comercial por su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico), de aproximadamente 2800 mg/100g de pulpa fresca, concentración

ostensiblemente superior al de otros frutos (naranja con 92mg/100g de pulpa y limón con 44.2mg/100g de pulpa) y hortalizas del mundo, lo que le confiere gran potencial económico en la Agroindustria (Flores, 1997).

El fruto del camu camu tiene el más alto nivel de vitamina C registrado en el planeta, superando aproximadamente en 1.5 veces a la acerola – Malpighia emarginata (1790 mg/100 g en acerola), en 13 veces al casho o marañón -Anacardeum occidentales (219 mg/100g) y en 5 veces al limón -Citrus limón- (44,2 mg/100g). En comparación con la naranja (Citrus sinensis), el fruto del camu camu provee 30 veces más vitamina C, 10 veces más hierro, 3 veces más niacina, dos veces más riboflavina y 50% más fósforo (Taylor, 2001).

Además Taylor (2001), señala que el Camu-camu posee propiedades astringentes, antiinflamatorias, emolientes y nutritivas y se caracteriza por contener niveles destacables de beta caroteno, calcio, hierro, niacina, fósforo, riboflavina, tiamina.

Según Natura (1999) señala 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. El principal rasgo que distingue al fruto del Camu Camu es su alto contenido de vitamina C o ácido ascórbico, con respecto a otras fuentes naturales.

La vitamina C es un importante antioxidante, que ayuda en la prevención de cánceres, enfermedades del corazón, estrés, y es un energético muy importante, también es fundamental para la producción de esperma y para la elaboración de proteínas involucradas en la formación y salud del cartílago, nudos, piel y el aparato circulatorio. Además, la vitamina C contribuye al mantenimiento del sistema inmunológico y facilita la absorción de nutrientes (incluyendo el hierro) en el sistema digestivo. Este hallazgo fue confirmado en la investigación primaria con varios representantes de empresas agroindustriales, quienes han realizado sus estudios en plantaciones naturales y en sus propias plantaciones artificiales (Natura, 1999).

2.2.5. Composición química.

La composición química nutricional de 100 g de pulpa de camu camu se presenta en el mayor componente es el ácido ascórbico, del cual tiene 2,994 mg por 100 g de pulpa (2,780 mg como ácido ascórbico reducido). El contenido de proteínas está en 0.5 mg/100 g, el de carbohidratos en 4.7 mg/100 g, mientras que los demás constituyentes se encuentran en cantidades similares a los que se observan en otras frutas tropicales. (Vizcarra, 2002).

Cuadro 1. Composición química del camu camu en 100 g de pulpa.

Componente	***Valor***
Agua	94.4 gr.
Valor energético	17 cal
Proteínas	0.5 gr.
Carbohidratos	4.7 gr.
Fibras	0.6 gr.
Cenizas	0.2 gr.
Calcio	27 mg.
Fosfato	17 mg.
Fierro	0.5 mg.
Tiamina	0.01 mg.
Riboflavina	0.04 mg.
Niacina	0.062 mg.
Ácido ascórbico	**2.780 mg.**

Fuente: (Vizcarra, 2002)

En cáscara se determinó la presencia de ácido ascórbico, cuatro tipos de antocianidinas individuales, compuestos fenólicos totales, antocianinas totales y flavonoides (Rengifo, 2009).

En semilla se determinó el contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos totales, antocianinas totales y flavonoides (Rengifo, 2009).

2.3. Vitamina C.

La vitamina C o ácido ascórbico es la más sensitiva de las vitaminas que se encuentran en los alimentos y su estabilidad varía en función de las condiciones ambientales tales como el pH, la concentración de trazas de iones metálicos y de oxígeno, la temperatura. También se ve afectada por el tipo de proceso de deshidratación, el régimen tiempo-temperatura empleados, la intensidad de energía térmica, encontrándose que la mayor retención de la vitamina C se da cuando se seca a bajas temperaturas y cortos tiempos, por este motivo se usa la evaluación del ácido ascórbico retenido como un método para definir el mejor sistema de secado (Nindo et al., 2003).

Según Belitz (1982), el ácido ascórbico (vitamina C) es una vitamina hidrosoluble que tiene importantes propiedades antioxidantes para el cuerpo humano. Esta sustancia imprescindible estimula la actividad metabólica en general y tiene un papel esencial en la formación del colágeno, los huesos y los dientes, así como del endotelio capilar.

El contenido de vitamina C de un producto está influenciada por una variedad de factores como el grado de madurez, las prácticas culturales, las condiciones de cultivo y manejo pre y post-cosecha y almacenamiento (Belitz, 1982).

La vitamina C puede ser fácilmente oxidada, de acuerdo con condiciones existentes, siendo factores de mayor influencia la presión parcial de oxígeno, pH, temperatura, y los iones de metales pesados, especialmente cobre y hierro, los cuales producen grandes pérdidas de vitamina C (Belitz, 1982).

La vitamina C es más estable a la reacción del calor a medida que el pH del medio sea más ácido. La degradación de la vitamina C en muestras pulpeadas se debe en gran parte a la oxidación que se presenta por la incorporación de aire durante el despulpeado; adicionalmente la vitamina C puede perderse por disolución. La oxidación no se produce en medio ácido, pero se cataliza por la luz, esto explica que durante el almacenamiento de jugos ácidos de frutas deshidratados es posible que la degradación del ácido ascórbico dependa de la temperatura y de la humedad, siendo menos a medida que la humedad es menor (Badui, 1999).

Trece autores, han realizado estudios tanto de vitamina C, como de ácido ascórbico al camu camu, tres métodos, obteniendo resultados diferentes.

Mediante el método de titulación, se cuantifica vitamina C total (ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico), con resultados variables por cuantificar ambos compuestos, siete autores que emplearon esta metodología, indican márgenes de concentración entre 2000 y 3000 mg/100 g. (Rengifo, 2009).

Para el caso de la cuantificación de ácido ascórbico por HPLC, se tiene mayor exactitud en los análisis, por su comparación con estándares de referencia de alta pureza, este método es el más recomendado.

Otra metodología empleada es la Espectrofotometría UV-Vis, a diferentes longitudes de onda, reportando concentraciones de 2000 mg/100 g (Guija et al., 2005; citado por Rengifo, 2009) y de 1868±283 mg/100 g según García et al. (2006), citado por Rengifo (2009).

Además de los aspectos considerados por los diferentes autores, está el estado de maduración del fruto. Klinar et al. (2009) reportan que el fruto pintón maduro es el que contiene mayores concentraciones (2.86%) de ácido ascórbico, mientras que en los estudios de Alves et al. (2002) se reporta para predominantemente púrpura 2061,04 mg /100 g de pulpa fresca, en el estudio de Zapata & Dufour (1993) se reporta 9,39 g/kg para parcialmente maduro y 9,39 g/kg para el fruto maduro, y Justi et al. (2000) reporta mayor concentración de ácido ascórbico en la pulpa del fruto verde con 1,49±0,03 g/100 g. Klinar et al. (2009) y Maeda et al. (2006) indican que la mayor concentración de vitamina C se encontraría en la cáscara con 2450 mg/100 g y 3 092,62 ± 35,11 respectivamente, esto podría deberse al método de tratamiento de la muestra en la cual podrían encontrarse residuos de pulpa que sumarían a la cáscara propiamente dicha y por ende la concentración de vitamina C aumentaría (Rengifo, 2009).

Es importante, los resultados reportados por Sotero et al. (2009), que obtienen la mayor concentración de ácido ascórbico cuando el material se seca a 60°C, logrando valores 7 veces superior a lo reportado por otros autores para pulpa – 14337,94 ± 2506,1 mg /100 g; 5 veces superior en cáscara – 10506,37 ± 5039,2; semilla – 87,08 ± 20,5 mg /100 g (Rengifo, 2009).

Cuadro 2. Concentraciones de vitamina C en el camu camu.

N°	Concentración de Vitamina C	Parte utilizada	Método utilizado	Referencias
01	Fruto entero – 1420 mg/100 g; pulpa - 1770 mg/100 g; cáscara- 2450 mg/ 100g; semillas - 610 mg/100 g.	Fruto entero, pulpa, cáscara, Semillas.	Titulación	Klinar *et al*. (2009) – Iquitos, Perú.
02	Pulpa – 14337,94 ± 2506,1 mg/ 100 g; cáscara – 10506,37 ± 5039,2; semilla – 87,08 ± 20,5 mg /100 g.	Pulpa, cáscara y semilla (secos a 60°C)	HPLC	Sotero *et al*. (2009).
03	Inmaduro – 1,78 %; verde pintón 2,05 %; pintón maduro - 2,34 %; Maduro -2,86 %.	Frutos	Titulación	Klinar *et al*. (2009) – Iquitos, Perú.
04	1868 ± 283 mg/100 g.	Frutos	Espectrofotometría	Garcia *et al.* (2007).
05	Pucallpa (verde) – 2,0053 ± 0,0488; Pucallpa (maduro) – 2,4311 ± 0,011; Iquitos (verde) – 1,4012 ± 0,0007; ± Iquitos (maduro) – 1,7935 ± 0,0091; Iquitos, población natural (verde) 1,9174 ± 0,0378; Iquitos, población natural (maduro) – 2,1811 ± 0,0137.	Frutos	HPLC	Villegas *et al.* (2007).
06	Pulpa madura – 2330,0 mg/100 g; deshidratado a 60°C – 2990,0 mg /100 g; deshidratado a 70°C – 2895,0 mg/100 g.	Frutos	Titulación	Sotero *et al.* (2007).
07	> 2000 mg AA/100 g pulpa.	Frutos	Titulación	Arévalo & Kieckbusch. (2006) – Brasil
08	Cáscara – 3092,62 ± 35,11 mg /100 g; mesocarpo - 1,640,57±8,28 mg/ 100 g.	Cáscara y pulpa	Titulación	Maeda *et al.* (2006)
09	2100,00 mg/ 100 g pulpa.	Frutos	Espectrofotometría	Guija *et al.* (2005)
10	6112 ± 137,5 mg/ 100 g de pulpa	Frutos	HPLC	Yuyama *et al.* (2002) - Brasil
11	Predominantemente verde – 1910,31 mg /100 g; predominantemente púrpura – 2061,04 mg / 100 g.	Frutos	Titulación	Alves *et al.* (2002) – Brasil.
12	Verde – 1,49±0,03 g /100 g; medio maduro – 1,40±0,04 g/100 g; maduro – 1,38±0,01 g/100 g.	Frutos	Titulación	Justi *et al.* (2000) – Brasil.
13	Inmaduro – 8,45 g/ kg; parcialmente maduro – 9,39 g/kg; maduro – 9,39 g/kg.	Frutos	HPLC	Zapata & Dufour,(1993) - Iquitos, Perú.

Fuente: Rengifo (2009).

2.4. Degradación química de la vitamina C.

Es muy variada y bien conocida la actividad biológica de la vitamina C en el ser humano, y como la mayoría de los nutrientes, debería ser preservada poniendo especial importancia en las operaciones y procesos involucrados en los distintos métodos de conservación. Por ello, la mejor manera de tratar de conservarla en los alimentos procesados es estableciendo las condiciones óptimas en cada uno de los pasos que integran el proceso. En el caso de los procesos de deshidratación sobre frutos que no han sido químicamente modificados previamente, la velocidad de degradación del nutriente está asociada a la velocidad de eliminación de agua. Esta, a su vez, está relacionada con las variables de operación que se puedan controlar y que afecten la velocidad de secado (Vizcarra, 2002).

2.5. Análisis fisicoquímico.

En la Tabla N°04 la norma técnica de NTP011.0312007 (2007), presenta los parámetros fisicoquímicos para la pulpa (sin especificar estado de madurez) de camu camu, expresando que tiene un pH ácido, bajo contenido de sólidos totales y alto contenido de acidez total. (Rengifo, 2009)

Asimismo; los estudios realizados en Perú, indican que el pH, los grados brix y la acidez en pulpa, no difiere en los rangos de la Norma mencionada. Trabajos realizados en Brasil como los de Maeda et al. (2006) y Alves et al. (2002), reportan resultados parecidos entre sí tanto para pH como para los °Brix, comparados con los reportes de Perú. (Rengifo, 2009).

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos para la pulpa de camu camu.

N°	Parámetros	Características	Referencias
01	- pH - °Brix - Acidez total	2,3 – 3,0 5,0 – 6,5 2,3 – 4,3	Norma Técnica Peruana – NTP011.0312007, (2007).
02	- pH - °Brix - Acidez	2,64±0,01 6,20±0,00 3,40±0,00	Maeda et al. (2006)
03	- Acidez cítrica %p/v - pH - ºBrix - Temperatura	2,50 – 3,25 2,35 – 2,55 6,00 – 6,50 menor de 25ºC	Ramos et al. (2002).
04	**Predominantemente verde** - Brix - pH - Azúcares totales **Predominantemente púrpura** - ºBrix - pH - Azúcares totales	 6,40 2,51 1,28 6,36 2,54 1,48	Alves et al. (2002).

Fuente: Rengifo (2009).

2.6. Antioxidantes.

Los antioxidantes son sustancias químicas que inactivan los radicales libres o inhiben su producción, impidiendo así deterioro en las células.

Los antioxidantes ceden un electrón al radical libre, oxidándose y transformándose en un radical libre débil que es inofensivo, en algunos casos puede llegar a regenerarse como en el caso de la vitamina E. Se dividen en dos categorías: antioxidantes endógenos (enzimáticos) y antioxidantes exógenos (no enzimáticos) (Pineda, 2005).

2.6.1. Antioxidantes endógenos.

Gonzáles et al. (2000) mencionan que los antioxidantes endógenos o antioxidantes enzimáticos, actúan a nivel celular. Existen tres sistemas

principales de enzimas antioxidantes: superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CTL) y glutation peroxidasa (GPX).

2.6.2. Antioxidantes exógenos.

Pol Yakov et al. (2001) mencionan que los antioxidantes exógenos o no enzimáticos, transforman los radicales libres en menos agresivos. Entre ellos tenemos: flavonoides, alfa tocoferol (vitamina E), beta caroteno, vitamina C, glutation y urato.

- **Carotenoides:**

Los carotenoides son hidrocarburos poliénicos ($C_{40}H_{56}$), tales como α y β-carotenos, precursores de vitamina A y licopeno (Martínez, 2003).

Los pigmentos carotenoides son un grupo de compuestos ampliamente distribuidos en la naturaleza y son responsables de las frutas amarillas, anaranjadas y rojas (Coultate, 2004).

La fuente clásica de los carotenoides se corresponde con las plantas, pero encuentran en animales y microorganismos (Oliver, 2000).

El principal papel de los carotenoides en la dieta de los humanos y otros animales es su capacidad de actuar como precursores de la vitamina A, para esto es que requiere la estructura de los retinoides (con el anillo de la ionona). Se estima que la provitamina A los carotenoides presentes en frutas y verduras proporcionan entre el 30 y el 100% de las necesidades de vitaminas de las poblaciones humanas, es el carotenoide caroteno, que tiene la mayor actividad de provitamina A (Fennema, 2000).

Los carotenoides son sensibles a la oxidación que se acelera por la presencia de la luz y tienen ujn efecto favorable para el sistema inmunológico, protege a la piel contra la radiación ultravioleta, posee un efecto protector especifico de los tejidos, su función como antioxidante es detoxificar el oxígeno libre reactivo (Pineda, 2005).

- **Vitamina C:**

La vitamina C es una sustancia nutritiva, ampliamente distribuida en frutas y verduras, siendo la fuente principal en la mayor parte de la dieta

humana (Gokmen et al., 2000). Una baja ingesta causa una enfermedad, por deficiencia, conocida como escorbuto (Gutiérrez et al., 2007).

Su función como antioxidante de la vitamina C es controlar la rancidez oxidativa y/o evita el pardeamiento enzimático en manzanas, duraznos, refrescos y bebidas (Miller, 2001; Pokorny, 2000).

La vitamina C (ácido L-ascórbico) es importante como suplemento vitamínico en bebidas y como agente antioxidante para impedir la pérdida de color y aroma de alimentos envasados o para mantener la calidad nutritiva del alimento (Gutiérrez et al., 2007).

La Food and Drug Administration (FDA, Dirección de Alimentos y Medicamentos), clasifica el ácido ascórbico sintético como un aditivo alimenticio "generalmente reconocido como seguro". Se adiciona a una amplia variedad de alimentos, tanto por razones nutricionales como técnicas (Gutiérrez et al., 2007).

Es una vitamina hidrosoluble, constituye uno de los agentes antioxidantes más poderosos que actúa en compartimientos celulares acuosos (Pineda, 2005).

Su función como antioxidante se basa en su poder para suprimir el oxígeno simple reactivo, reacciona con el anión superóxido, estabiliza el radical hidroxilo y regenera la vitamina E.

- **Compuestos fenólicos:**

Entre las funciones de los compuestos fenólicos está la de proteger al organismo contra enzimas que participan en la inflamación, pueden atrapar hierro y cobre evitando su participación en la producción de radicales libres; donan iones H+ o electrones y evitan la peroxidación lipídica protegiendo a la membrana celular (Pineda, 2005), la actividad anticancerígena de los compuestos fenólicos se ha relacionado con la inhibición de cáncer al colon, esófago, pulmón, hígado, mama y piel (Mazza, 2000).

- **Vitamina E:**

La vitamina E, conocido también como tocoferol. En la naturaleza existen cuatro isómeros de este compuesto: a-tocoferol, J3-tocoferol, y-

tocoferol y ó-tocoferol. La vitamina E es liposoluble, se encuentra en el interior de las membranas citoplasmáticas, actúa como bloqueador de las reacciones redox en cadena evitando la peroxidación lipídica. Se considera como factor de protección en la enfermedad cardiovascular, al evitar la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Entre otras acciones la vitamina E también es capaz de neutralizar el oxígeno en singlete y peróxidos, capturar radicales hidroxilo y capturar el anión superóxido (Pineda, 2005).

2.7. Métodos para determinar capacidad antioxidante.

2.7.1. Método DPPH (Difenil Pitril Hidrazilo).

Este ensayo fue propuesto originalmente por Brand–Williams. El DPPH (figura 1) es uno de los pocos radicales orgánicos estable, presenta una fuerte coloración violeta, es comercialmente disponible y no tiene que ser generado in situ como el ABTS. El ensayo se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH, esta medición puede hacerse espectrofotométricamente siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 517 nm. La reacción de estabilización se considera que transcurre principalmente mediante un mecanismo TE, con un aporte marginal de TAH (Brand Williams, 1995).

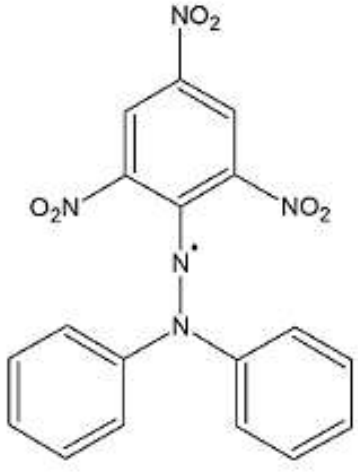


Figura 1. Estructura química del radical libre DPPH

Los resultados se suelen expresar como EC_{50}, es decir, la concentración de antioxidante necesaria para estabilizar un 50% del DPPH,

también pueden ser expresados como equivalente de Trolox o TEAC (Por su nombre en inglés, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). Han surgido otros parámetros como la eficiencia anti-radicalaria (EA) basada en la cinética de la reacción y que involucran, además de la concentración de antioxidante, el tiempo necesario para ejercer su efecto.

Entre las ventajas de este método están su simplicidad y el bajo requerimiento instrumental; sin embargo, entre las desventajas están la dificultad de interpretar los resultados cuando se tienen sustancias cuyo espectro de absorción se solapa con el del radical; adicionalmente el DPPH es un radical estable, centrado en nitrógeno, que dista mucho de parecerse a las especies reactivas de importancia biológica; de hecho muchos antioxidantes que reaccionan rápidamente con radicales peroxilo no lo hacen así con DPPH, debido al impedimento estérico que representa la estructura química que rodea al radical, lo cual hace que sustancias pequeñas generalmente muestren una mayor actividad.

2.7.2. Método ABTS (Azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico).

Este método fue reportado inicialmente por Miller y colaboradores, y se fundamenta en la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical catión coloreado ABTS, el cual es formado previamente por la oxidación del ABTS (2,2´-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)) (Figura 2) por metamioglobina y peróxido de hidrógeno. Los resultados son expresados como equivalentes de Trolox o TEAC (Por su nombre en inglés, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) (Miller, 1993).

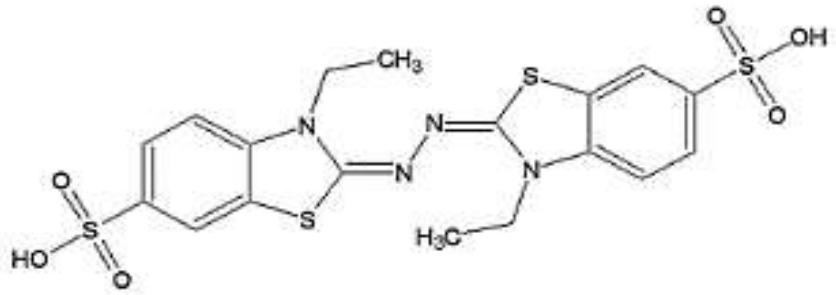


Figura 2. Estructura química del ABTS.

Entre las ventajas de este método está que los valores de TEAC de una amplia gama de alimentos están reportados lo que permite establecer comparaciones; adicionalmente puede ser usado en un amplio rango de pH y fuerza iónica, además de que el ABTS es soluble tanto en medio acuoso como orgánico y permite la evaluación de antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos. Entre las desventajas están que el ABTS debe ser generado previamente, que no es un radical fisiológico y que la cinética de reacción con algunos antioxidantes suele ser bastante lenta y, por lo tanto, el punto final de medición debe fijarse de manera arbitraria (Pietta, 2000).

2.8. Liofilización.

El proceso de liofilización en los alimentos se ha considerado como el mejor método de deshidratación que además de conservar las características organolépticas y nutricionales del alimento, le otorga un valor agregado (Ramírez, 2011).

A través de la liofilización se han obtenido productos deshidratados en frutas y hortalizas con atributos como el sabor, color, textura y aroma que se resaltan mejor con respecto al secado por convención forzada (Orrego, 2008).

Este proceso de deshidratación está basado en la sublimación del contenido de hielo en el alimento (Marques & Freire, 2005; Grajales et al., 2005).

Ceballos (2008) menciona que en la liofilización comercial, los alimentos se congelan generalmente a temperaturas cercanas a - 20°C, manteniéndose sin congelar del 1 al 4% del agua contenida en el producto. El estado rígido que adquiere el producto durante la congelación, es necesaria para el secado, de ello depende que se presente el fenómeno del colapso de la estructura, que es un fenómeno indeseable durante el proceso. Las temperaturas de colapso para algunos extractos de frutas son:- 24°C para jugo de naranja, - 41 ,5°C para jugo de manzana, - 20°C para extracto de café, lo cual indica que su valor es muy diferente dependiendo del material de trabajo. Esta temperatura depende de la naturaleza del soluto, de su peso molecular, de la estructura y de .su composición.

2.8.1. Etapas de la liofilización.

El proceso de liofilización incluye 3 etapas: pre congelación, secado primario y secado secundario (figura 3).

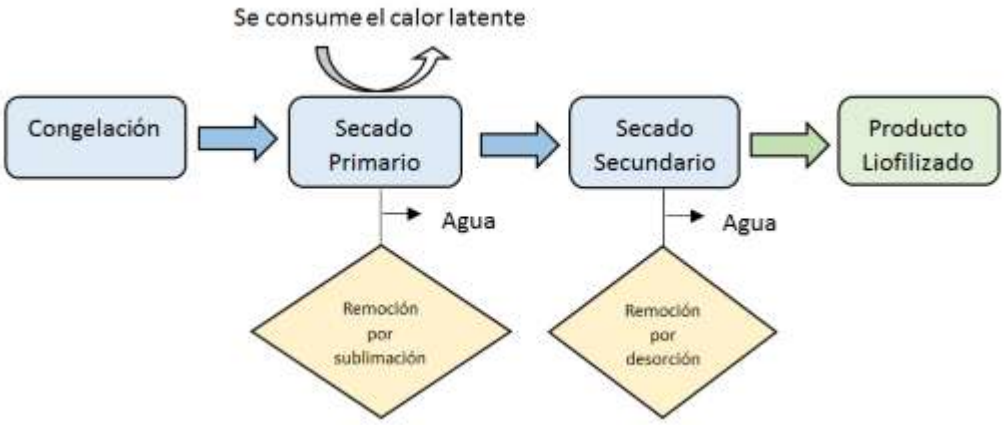


Figura 3. Etapas de la liofilización

- **Congelación:**

La liofilización es un cambio de estado de la fase sólida a la fase gaseosa. El proceso de la liofilización comienza con la congelación del producto a temperaturas sobre los -40°C, donde el tamaño de los cristales de hielo se regula normalmente con las velocidades de congelación, puesto que una tasa lenta promueve la formación de cristales de gran tamaño, favoreciendo la liofilización (Orrego, 2008).

La etapa de congelación en la liofilización es muy importante y de gran interés debido a que, la congelación y temperatura final del alimento pueden afectar la calidad del material liofilizado. En ella se efectúa la primera modificación en el producto y condiciona todas las etapas sucesivas (Orrego, 2008).

- **Secado primario:**

La segunda etapa es el secado primario, en el cual se produce un calentamiento bajo condiciones de vacío, para retirar el agua por sublimación en distintas etapas (Ayala et al., 2010).

Después de la congelación del producto, se deben establecer las condiciones de presión y temperatura a las cuales se removerá el hielo por sublimación.

Esta etapa consiste en la sublimación del hielo bajo condiciones de vacío. Se requiere gran energía que suministrada en alto vacío, hace que el calor atraviese las capas congeladas o secas del alimento. El vapor de agua generado en la interfase de sublimación es eliminado a través de los poros de la matriz solida del producto. El condensador previene el retorno del vapor de agua hacia el producto. La fuerza impulsora de la sublimación es la diferencia de presión del vapor de agua en la cámara de secado (Orrego, 2008).

- **Secado secundario:**

La segunda etapa de secado inicia una vez que se ha agotado el hielo del producto y la humedad proviene del agua parcialmente ligada al material que se está secando. En este momento la velocidad de calentamiento debe disminuir para mantener la temperatura del producto por debajo de los 30-50°C, lo que evita el colapso del material. Si la parte solida del material está demasiado caliente la estructura se colapsa, lo que se traduce en una disminución de la velocidad de sublimación del hielo en el producto. En esta etapa se obtiene un producto con menos de 1-3% de agua debido al incremento de temperatura y la reducción parcial de la presión de vapor de agua en el secador (Orrego, 2008).

2.9. Agente encapsulante.

El ancapsulamiento es el empaquetado de materiales sólidos, líquidos o gaseosos mediante cápsulas que liberan su contenido de forma controlada bajo condiciones determinadas (Desai & Park, 2005).

La técnica de micro encapsulación es la obtención de una barrera que retarda las reacciones químicas con el medio que lo rodea promoviendo un aumento en la vida útil del producto, la liberación gradual del compuesto encapsulado e incluso facilitando su manipulación al convertir un material líquido o gaseoso a una forma sólida llamada microcápsula (Fang & Bhandari, 2010).

Son materiales capaces de formar una cubierta alrededor de una enzima o bacteria. Los más corrientes son polisacáridos, como alginato o agar. Estos agentes son inertes, permiten una difusión rápida de nutrientes y oxígeno hacia dentro y fuera de la cápsula, y pasan fácilmente de forma sólida (gel) a líquida (suspensión o solución) mediante cambios de temperatura o de concentración iónica. Puede ser considerada como una forma de empaque a escala microscópica, en la que un material en particular puede ser cubierto de manera individual para protegerlo del ambiente (Reineccius, 1991).

Cuadro 4. Tipo de cubierta utilizada en encapsulación

TIPO DE COBERTURA	COBERTURA ESPECÍFICA
GOMAS	Goma arábiga, agar, alginato de sodio, carrageína
CARBOHIDRATOS	Almidón, dextranos, sacarosa
CELULOSAS	CMC, etilcelulosa, acetilcelulosa
LÍPIDOS	Ceras, parafinas, aceites
PROTEÍNAS	Gluten, caseína, albúmina
MATERIALES INORGÁNICOS	Sulfato de calcio, silicatos

Fuente: Aplicaciones biotecnológicas de la encapsulación (2006).

Las dificultades tecnológicas que se presentan durante el secado de jugo de frutas y otros productos con altos contenidos de azúcar, se deben a la elevada higroscopicidad y termo-plasticidad a altas temperaturas y humedades (Adhikari, Hower, Bhandari, & Troung, 2004).

Por esta razón, en las últimas décadas, se han incrementado la adición de algunos materiales como la Maltodextrina, gomas, pectinas, silicato de calcio y carboxy-metilcelulosa, entre otros, para la producción de polvos tanto alimenticios, como farmacéuticos, con el fin de encapsular componentes activos.

El encapsulaste se constituye en una barrera entre el componente en la partícula y el medio ambiente, la cual lo protege del oxígeno, agua, luz y contacto

con otros ingredientes, además de controlar la difusión. La eficiencia de la protección depende de la composición, estabilidad de la estructura y condiciones de operación durante la producción y uso de las partículas (temperatura, pH, presión, humedad). La barrera lo conforman compuestos de cadena que crean una red con propiedades hidrofílicas o hidrofóbicas dependiendo del producto. El polvo final tiene una composición especifica del componente activo, pero además tiene buenas propiedades para su manejo, capacidad de mezclarse con agua o con otros polvos (tamaño, densidad, y forma). Las propiedades de un polvo también dependen de las propiedades del material de la pared como por ejemplo de la cantidad relativa de lípidos que permanecen sin encapsularse en la superficie de la partícula (Fuchs et al., 2006).

2.9.1. Funciones de la encapsulación.

Dziezak (1988) menciona que la encapsulación de ingredientes en la industria de alimentos tiene las siguientes funciones:

- Estabilizar y controlar el material núcleo.
- Separar reactivos o componentes incompatibles en una formulación.
- Protección de componentes del alimento (luz, humedad y calor).
- Aseguramiento contra pérdidas nutricionales.
- Utilización alternativa de ingredientes sensibles.
- Incorporación de mecanismos de liberación inusuales de tiempo dentro de la formulación.
- Enmascarar o preservar sabores y aromas.
- Transformar ingredientes líquidos en sólidos fácilmente manejables.

2.9.2. Maltodextrina.

La maltodextrina es un adyuvante ampliamente utilizado en procesos de secado, incluido el proceso de liofilización. Las maltodextrinas se obtienen de la hidrolisis del almidón, que consiste en unidades de β-D-glucosa y son generalmente clasificados por su equivalente de dextrosa (DE) (Bemiller & Whistler, 1996).

La maltodextrina es un polisacárido no edulcorado, obtenido de la hidrilisis parcial acida y/o enzimática del almidón de papa, arroz o maíz (Avaltroni, 2004). Se clasifica de acuerdo con su equivalencia de dextrosa

(DE) y se presenta como un polvo blanco altamente higroscópico. Es especialmente útil debido a su elevada solubilidad en soluciones acuosas, baja viscosidad y altos valores de T como consecuencia de su alto peso molecular (Bhandari et al., 1999).

La maltodextrina se utiliza especialmente en materiales de secado duro, tales como zumos de frutas (Reineccius, 1991) con el fin de reducir los problemas de aglomeración durante el almacenamiento y para mejorar la estabilidad del producto (Brandari et al., 1993).

La aplicación de la maltodextrina en el proceso de encapsulación está asociada a la baja viscosidad a altos contenidos de sólidos, buena solubilidad, capacidad de formar películas y bajo costo (Madene, 2006). Disminuye la pegajosidad y mejora la estabilidad del producto (Bemiller y Whistler, 1996). Teniendo un peso molecular promedio de 1800 g/mol (Pedroza, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de ejecución.

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en los laboratorios de Ingeniería de los Alimentos y el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía (CIDBAM); situado en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, con una temperatura anual promedio de 24°C y humedad relativa de 82% a una altitud de 660 msnm.

3.2. Materia prima.

La materia prima utilizada fue el camu camu (*Myrciaria dubia*), procedente del caserío de San Lorenzo, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo departamento de Ucayali.

3.3. Equipos, materiales y Reactivos de laboratorio.

3.3.1. Equipos de laboratorio.

- Liofilizador de laboratorio, marca Labotec, modelo 01 JLG/12Fd
- Espectrofotómetro, marca Thermo Scientific, modelo Genesys 10S UV-VIS
- Homogenizador tipo vórtice, marca Barnstead, modelo Maxi Mix II
- Estufa modelo ODH6–9240A (TOMOS Heatring Drying Oven)
- Congelador -20 °C, marca Frigidaire, modelo FFV–2065FW.
- Refrigerador, marca LG modelo GR–5392QLC.
- Balanza analítica, marca Digital Precisión, modelo ABK 210. Capacidad máx. de 210g.
- Balanza analítica, marca Radwag, modelo WLC 2/A2/02. Capacidad máx. de 3000 g.
- Balanza analítica, marca Sartorius, capacidad máx. 3000 g.
- pH-metro digital, marca Mettler Toledo, modelo Seven Easy
- Refractómetro digital

3.3.2. Materiales de procesamiento.

- Maltodextrina
- Bolsas trilaminadas de aluminio de capacidad para 500 y 250g.
- Sellador de bolsas trilaminadas.
- Papel aluminio
- Aceite para bomba de alto de vacío
- Mesa de acero inoxidable
- Papel toalla
- Tamiz diámetro 1mm

3.3.3. Materiales de laboratorio.

- Micropipeta de 10 a 100 µL.
- Micropipeta de 100 a 1000 µL.
- Cubetas de 1.5 mL para espectrofotometría
- Tubos FALCON de 50 mL.
- Microtubos ependorff de 2 mL
- Tips de 200 µL y 1000 µL.
- Vasos de precipitación de 50, 100, 200 y 500 mL.
- Probeta de 250 mL.
- Fiola de 1000 mL.
- Papel filtro de pasada rápida
- Espátula de acero inoxidable
- Rejilla para microtubos

3.3.4. Reactivos y soluciones.

- 2,6-diclorofenolindofenol.
- Solución de ácido oxálico al 0.4%
- Ácido ascórbico
- 2,2 Diphenyl-1-picrythydrazyl (DPPH)
- (±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetrametryl-chromane-2-carboxylic-acid (Trolox)
- Etanol al 96°
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1N.

- Fenolftaleína al 1%.

3.4. Método de análisis.

- **Humedad:** Método gravimétrico según AOAC N° 981.05 (1980).
- **Acidez:** Método según AOAC N° 950.07 (1984).
- **pH:** Método según AOAC N° 935.15 (1980).
- **Solidos solubles:** Método por refractómetro A.O.A.C (2001).
- **Vitamina C:** mediante espectrofotometría UV-VIS a una longitud de onda de 515 nm. Hung y Yen (2002)
- **Capacidad antioxidante:** mediante espectrofotometría UV-VIS a una longitud de onda de 515 nm. Brand Williams (1998).

3.5. Metodología experimental.

3.5.1. Obtención del fruto de camu camu.

Los frutos de camu camu fueron obtenidos del caserío San Lorenzo, Distrito de Yarinacocha, Departamento de Ucayali. Se recolectaron frutos en un estado pintón-maduro.

3.5.2. Obtención de la pulpa.

El flujograma para la obtención de pulpa de camu camu se muestra en la figura 04. La descripción se indica a continuación:

- **Selección y clasificación.**

  Se recepcionaron los frutos de camu camu en el laboratorio, en donde fueron seleccionados y clasificados según su estado de madurez pintón maduro, se retiraron los frutos en malas condiciones como frutas partidas, rajadas, molida y fermentadas por excesiva madurez y los frutos que fueron dañadas durante su transporte.

- **Pesado.**

  Luego de seleccionar y clasificar los frutos, se obtuvo un peso de 6 kg de fruto de camu camu

- **Lavado y desinfectado.**

  Los frutos se lavaron con agua potable, que permite la eliminación de contaminantes presentes en la superficie del fruto. Adicionalmente los frutos se desinfectaron en una solución diluida de hipoclorito de sodio (50 ppm), durante 20 min.

- **Despulpado.**

  Se procedió a extraer la pulpa manualmente separándola de la cáscara y semilla.

- **Tamizado.**

  Con ayuda de un tamiz se filtró todos los sólidos residuales que presenten restos de pulpa.

- **Almacenamiento de la pulpa.**

  Una vez obtenida la pulpa de camu camu se procedió a verterlo en bolsas trilaminadas de aluminio de 500 g, con la finalidad de que las condiciones ambientales, como la luz y el oxígeno no degraden el contenido de vitamina C de la pulpa. Las muestras se almacenaron en refrigeración a temperatura de -20°C (Figura 2).

3.5.3. Acondicionamiento de la pulpa de camu camu.

Se adicionó maltodextrina como encapsulante, en las siguientes proporciones:

Cuadro 5. Concentraciones de maltodextrina

Tratamientos	Concentración De encapsulante
1	0 %
2	10 %
3	13 %
4	14 %
5	15 %
6	16 %

Fuente: elaboración propia

Las concentraciones indican el porcentaje de encapsulante (Maltodextrina) con respecto al peso total de la mezcla (pulpa-maltodextrina), Usando como testigo el tratamiento sin encapsulante (0%) con fines de comparación de efecto del encapsulante. El encapsulante se adicionó mediante agitación por un periodo de 15 min.

3.5.4. Liofilización de la pulpa de camu camu.

Las etapas del proceso de liofilizado con adición de maltodextrina se muestran en la Figura 04 y se describe a continuación.

- **Liofilizado**

  La muestra congelada por 24h, se depositó en 3 bandejas de acero inoxidable y fueron colocados en el liofilizador hasta alcanzar una temperatura de -40°C. Una vez obtenida la temperatura se comenzó armar el equipo hasta obtener la pulpa liofilizada.

  Se trabajó con las siguientes variables de proceso: la cantidad de muestra para cada bandeja fue de 80 g., tiempo de secado: 16 h, presión de vacío: 1 Pascal. Se liofilizó en diferentes concentraciones de encapsulante, maltodextrina: 0%, 10%, 13%, 14%, 15% y 16%.

- **Envasado**

  Una vez finalizado el proceso, con la obtención de pulpa liofilizada de camu camu se procedió a conservarlos en bolsas trilaminadas de aluminio, con la finalidad protegerlo de la humedad, la luz y el oxígeno.

- **Almacenado**

  Las muestras se almacenaron en refrigeración a temperatura de -20°C.

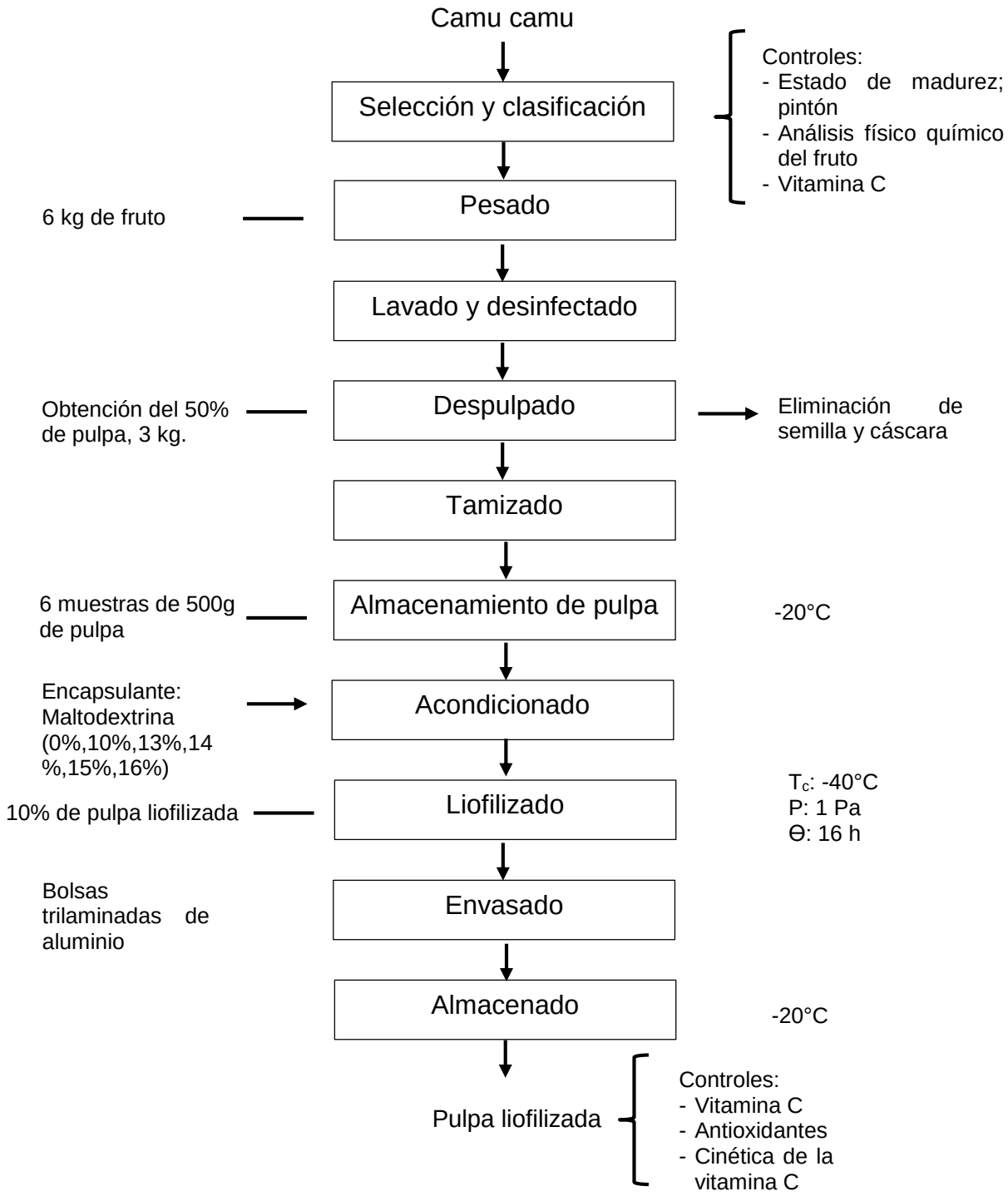


Figura 4. Flujograma del proceso de liofilización de pulpa de camu camu.

3.5.5. Cuantificación de vitamina C.

Pulpa de camu camu: Se tomó 10 ml de pulpa y se llevó a una centrifugación a 10 000 rpm a 4° por 10 min. Y paso a un filtrado de pasada rápida.

Pulpa liofilizada de camu camu: Para el extracto se utilizó 0.5g de pulpa liofilizada en 20 ml de ácido oxálico al 4%, se dejó reposar por 24h en homogenización. Luego paso a una centrifugación a 10000 rpm a 4° por 10 min, y un filtrado de pasada rápida.

Para las lecturas en el espectrofotómetro, se tomó 100 µL de muestra y se hizo reaccionar con 900 µL de agua; y en otra cubeta, 100 µL de muestra se hizo reaccionar 900 µL de 2,6-diclorofenolindofenol (colorante), donde se registraron Las absorbancias a 515 nm.

La absorbancia de control fue obtenida por la reacción de 100 µL de ácido oxálico al 0.4%, con 900 µL de 2,6-diclorofenolindofenol. La curva estándar se muestra en el Anexo 10.

3.5.6. Evaluación de la capacidad antioxidante.

Pulpa de camu camu: Se tomó 10 ml de pulpa y se llevó a una centrifugación a 10 000 rpm a 4° por 10 min. Y paso a un filtrado de pasada rápida.

Pulpa liofilizada de camu camu: Para el extracto se utilizó 0.5g de muestra liofilizada en 20 ml de disolución hidroalcóholica. se dejó reposar por 24h en homogenización. Luego pasó a una centrifugación a 10000 rpm a 4° por 10 min, y un filtrado de pasada rápida.

Para las lecturas en el espectrofotómetro, se tomó 25 µL de muestra y se hizo reaccionar con 975 µL DPPH (100 µM) y se registró las absorbancias a 515 nm, durante un tiempo de 10 min hasta obtener una absorbancia constante. El valor de la absorbancia se comparó con la curva. Los resultados se expresaron en IC_{50} de ug/mL.

La absorbancia de control fue obtenida por la reacción de 25 µL de alcohol con 975 µL de DPPH. La curva estándar se muestra en el Anexo 11.

3.5.7. Cinética de la vitamina C.

La cinética se determinó de la vitamina C, en el tratamiento 1 (pulpa liofilizada sin encapsulante) y en los dos mejores tratamientos de la pulpa liofilizada con encapsulante, es decir en los tratamientos de 10% y 13% de concentración de maltodextrina contenidos en el producto liofilizado, durante 5 días.

Para el extracto se utilizó 0.1g de pulpa liofilizada en 20 ml de ácido oxálico al 4%, se dejó reposar por 24h en homogenización. Luego paso a una centrifugación a 10000 rpm a 4° por 10 min, y un filtrado de pasada rápida.

Se tomó 100 µL y se hizo reaccionar con 900 µL de agua; y en otra cubeta, 100 µL de muestra se hizo reaccionar 900 µL de 2,6-diclorofenolindofenol (colorante), donde se registraron Las absorbancias a 515 nm.

La absorbancia de control fue obtenida por la reacción de 100 µL de ácido oxálico al 0.4%, con 900 µL de 2,6-diclorofenolindofenol.

3.5.8. Análisis estadístico.

Para el análisis de la actividad antioxidante y cuantificación de vitamina C el diseñó que se realizó fue Completamente al Azar (DCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones, que hace un total de 18 unidades experimentales. Los experimentos que mostraron diferencia estadística se evaluaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tuckey, se utilizó SPSS Statistics para todas las evaluaciones.

Para la cinética de la vitamina C, el diseño se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3x6 con 3 repeticiones, con un total de 54 unidades experimentales, y evaluado mediante el programa SPSS Statistics. Los experimentos con diferencia estadística se evaluaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tuckey

- **Modelo matemático**

$$Yij=\mu+\tau i+\varepsilon ij$$

Dónde:

Yij: Resultado del “i” sujeto bajo el “i” tratamiento.

μ: Media común de todos los datos del experimento.

τi: Efecto del “i” tratamiento.

εij: Error experimental o Efecto aleatorio de muestreo

IV. RESULTADOS.

4.1. Características fisicoquímicas de la pulpa de camu camu.

En el cuadro 6. Se muestra los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico para la pulpa de camu camu, expresando que tiene una humedad de 93.13%, un pH ácido promedio de 2.71%, un alto contenido en acidez de 3.20%, y bajo contenido en grados brix de 6.5.

Cuadro 6. Análisis fisicoquímico para la pulpa de camu camu.

Análisis fisicoquímicos	
Grados Brix	6.50 ± 0.115
Acidez (%)	3.20± 0.320
pH	2.71 ± 0.012
Humedad (%)	93.13 ± 0.115

4.2. Determinación de Vitamina C de la pulpa de camu camu.

En el cuadro 7. Se muestran los resultados obtenidos para la pulpa de camu camu.

Cuadro 7. Determinación de vitamina C en la pulpa de camu camu.

PULPA CAMU CAMU (Sin liofilizar)	**CONCENTRACIÓN g EAA/100 mL muestra**			**CONCENTRACIÓN mg EAA/100 mL muestra**
	R1	**R2**	**R3**	**PROMEDIO**
T0	1.868	1.805	1.868	1847.355

4.3. Determinación de la vitamina C para el producto liofilizado por tratamiento.

En el cuadro 8 y figura 5, Se muestran los resultados de vitamina C en la pulpa liofilizada de camu camu.

Cuadro 8. Concentración de vitamina C en la pulpa liofilizada, por % de encapsulante.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C mg EAA/ 100 g muestra
T1 (0% E.)	17914 ± 1799[a]
T2 (10% E.)	15343 ± 2657[a]
T3 (13% E.)	15014 ± 3040[a]
T4 (14% E.)	13670 ± 1670[a]
T5 (15% E.)	13062 ± 503[a]
T6 (16% E.)	12774 ± 2081[a]

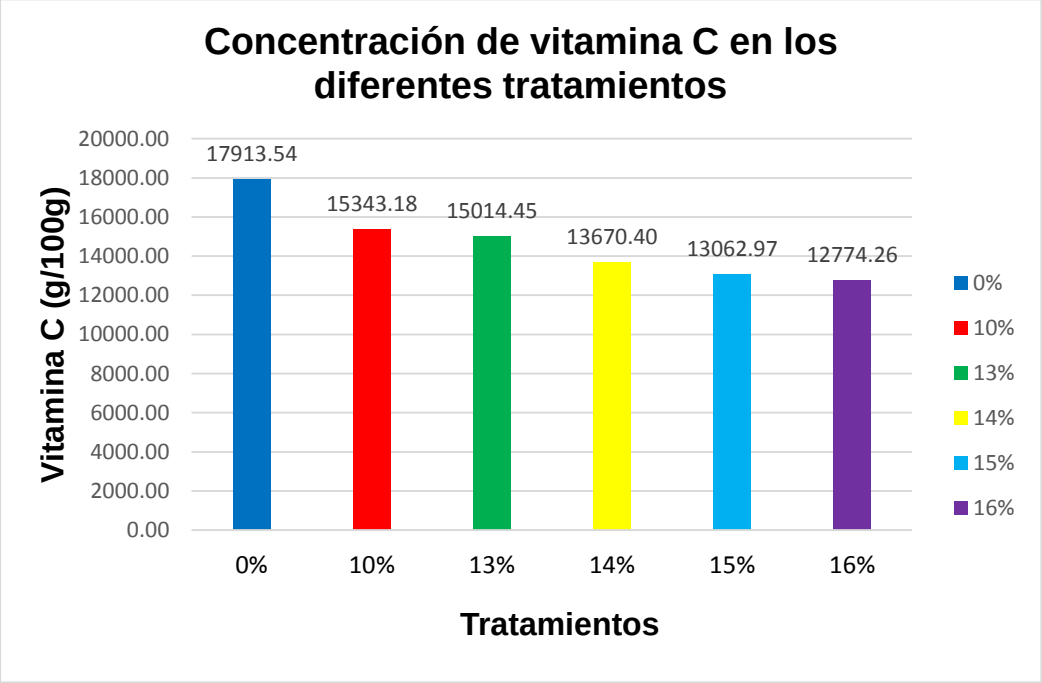


Figura 5. Comparación entre la concentración de vitamina C del liofilizado de camu camu por % de encapsulante.

4.4. Capacidad antioxidante de la pulpa de camu camu.

En el cuadro 9. Se muestran los resultados obtenidos para la pulpa de camu camu.

Cuadro 9. Determinación de la capacidad antioxidante en la pulpa de camu camu.

PULPA CAMU CAMU (Sin liofilizar)	IC 50 (ug/mL)			
	R1	**R2**	**R3**	**PROMEDIO**
T0	169.15	168.18	179.86	**172.397**

4.5. Capacidad antioxidante del producto liofilizado por tratamiento.

En el cuadro 10 y figura 6, Se muestran los resultados de capacidad antioxidante en la pulpa liofilizada de camu camu, expresado en IC50.

Cuadro 10. Capacidad antioxidante de la pulpa liofilizada de camu camu

TRATAMIENTOS	IC50 (ug/mL)
T1 (0% E.)	12.627 ± 0.605^{a}
T2 (10% E.)	18.923 ± 0.597^{b}
T3 (13% E.)	19.217 ± 0.709^{c}
T4 (14% E.)	24.173 ± 0.950^{d}
T5 (15% E.)	27.130 ± 3.363^{e}
T6 (16% E.)	40.057 ± 4.514^{f}

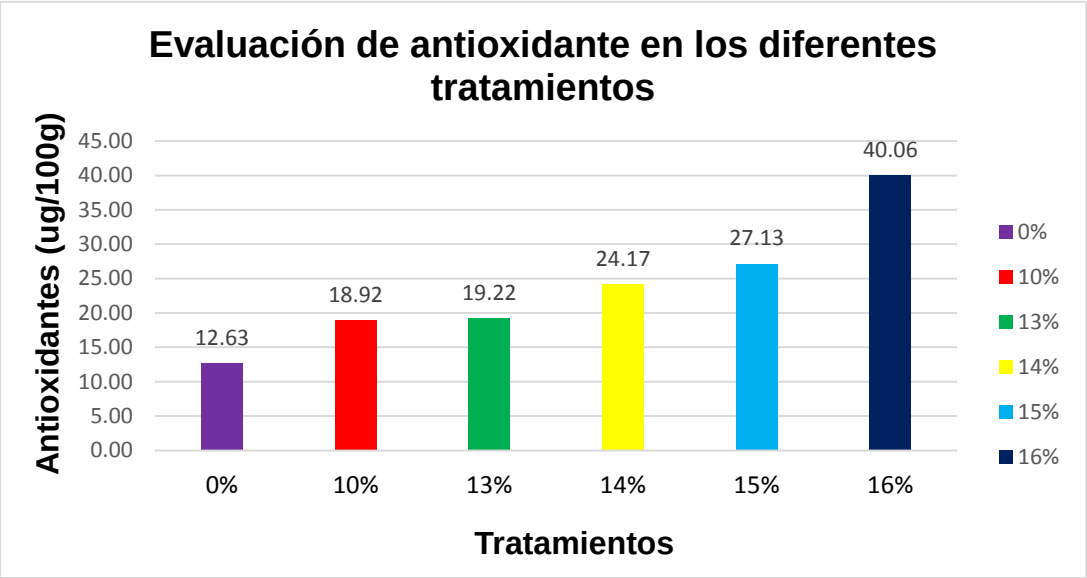


Figura 6. Comparación entre la capacidad antioxidante del liofilizado de camu camu, por % de encapsulante.

4.6. Cinética de la vitamina C en la pulpa liofilizada por tiempo y tratamiento.

Los resultados para la cinética por tratamiento y tiempo, se presentan en el cuadro 11 y figura 7.

Cuadro 11. Cinética de la vitamina C (mg vit C/100g), tratamiento por tiempo.

TIEMPO (DIAS)	Tratamientos		
	0% E	10% E	13% E
0	17915	15291	15015
1	15599 ± 85.97	14099 ± 264	14950 ± 418
2	14525 ± 653	13879 ± 566	14129 ± 835
3	12949 ± 46.2	13697 ± 272	13765 ± 273
4	10913 ± 380	12881 ± 544	13416 ± 579
5	9754 ± 123	12876 ± 427	13320 ± 442

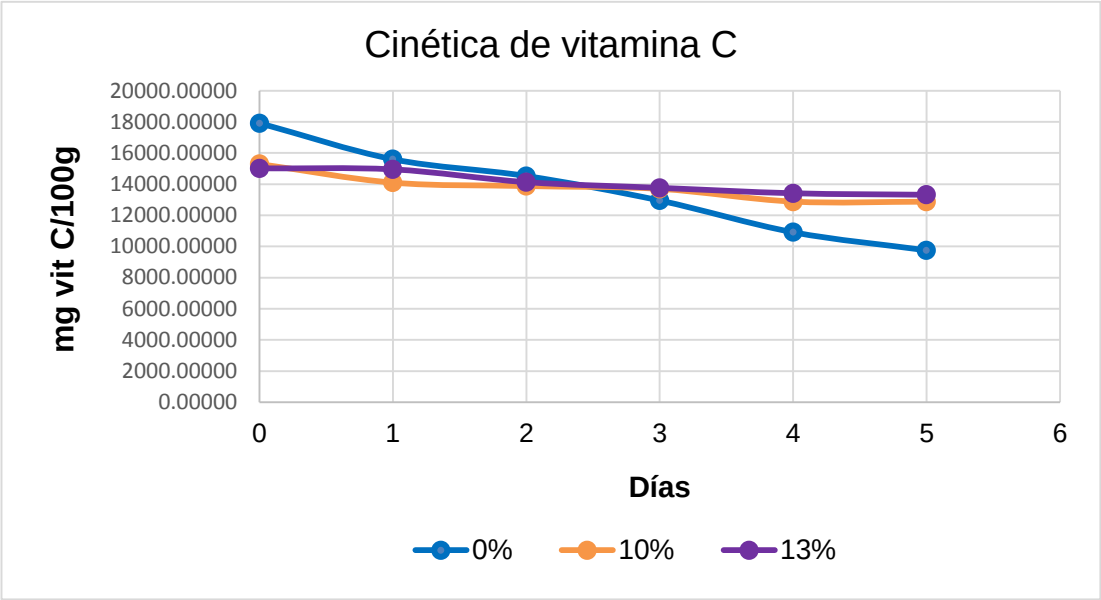


Figura 7. Comportamiento de cinética de la vitamina C en el producto liofilizado.

Cuadro 12. Concentración de vitamina C en la pulpa liofilizada a los 5 días de evaluación por la cinética.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C mg EAA/ 100 g muestra
T1 (0% E.)	9754 ± 123.53^{b}
T2 (10% E.)	12876 ± 427.49^{a}
T3 (13% E.)	13320 ± 442.24^{a}

V. DISCUSIÓN.

5.1. Características fisicoquímicas de la pulpa de camu camu.

En el **Cuadro 6,** muestran los resultados de los análisis fisicoquímico de la pulpa de camu camu, en donde se observa que los valores encontrados en la pulpa fresca del camu camu en cuanto a la humedad con 93.13%, pH de 2.71, acidez de 3.20%, y 6.5 de °Brix; están dentro de los parámetros exigidos por la norma técnica peruana NTP011.0312007 (2007), quien exige un pH de 2.3 – 3.0, acidez de 2.3 – 4.3, y grados brix de 5.0 – 6.5.

Así mismo; en el trabajo realizado por Ramos et al. (2002), reporta resultados similares de acidez 2.5-3.25 y °Brix 6.0-6.5, comparados con los resultados encontrados para pulpa de camu camu. También, los valores obtenidos por Rojas y Alegría (2005), reportan valores semejantes en humedad de 93.11%, al igual que en pH de 2.68 y 6 °Brix. Encina (2005) menciona que la cantidad de solidos solubles de la pulpa de una fruta es por el índice de madurez.

De igual manera para Rodrigues *et al* (2004), quien reporta un pH de 2.7, una acidez de 3.5, y 6.1 en °Brix. Los mismos valores encontrados que corroboran en mi trabajo de investigación.

5.2. Determinación de Vitamina C de la pulpa de camu camu.

En el **cuadro 7,** se reportan los resultados obtenidos del contenido de vitamina C de la pulpa de camu camu, obteniendo un valor de 1847 mg EAA/100g, similar a lo encontrado por García et al. (2007) quien indica concentraciones de ácido ascórbico por el método de espectrofotometría UV-Vis, de 1868±283 mg/100g de muestra; Klinar et al. (2009), mediante titulación, obtiene concentración de vitamina C en pulpa de 1770 mg/100 g; mientras que Maeda et al. (2006) mediante el método de titulación reporta contenido de vitamina C en pulpa de 1640.57 ± 8,28 mg /100 g.

Por otra parte, Rodrigues et al. (2004), en camu camu de Brasil, obtuvo 1100 mg AA/100g con el método espectrofotométrico.

5.3. Vitamina C del producto liofilizado.

En la **cuadro 8 y figura 5,** se reporta la concentración de vitamina C en la pulpa liofilizada por tratamiento. En donde se observa que a medida que el porcentaje de encapsulante aumenta, el contenido de vitamina C disminuye. Además, se observa que los tratamientos con encapsulante de 10% (15343 mg EAA/100g muestra) y 13% (15014 mg EAA/100g muestra) de maltodextrina son los que tuvieron un mejor comportamiento con respecto a la concentración de vitamina C.

Los valores encontrados, son similares a lo que reporta Vega (2005), en la liofilización de pulpa de camu camu, quien obtiene valores para la pulpa liofilizada, entre 15838.7 a 20 383.80 mg/100g., mientras que Solis *et al.* (2009) reporta valores de 14337.94 mg/100g en la pulpa liofilizada de camu camu.

Así mismo, se pudo observar que la congelación de un producto en la liofilización es muy importante ya que interviene en las cualidades del producto final, una adecuada congelación nos dará la formación de grandes cristales lo que a su vez favorece la liofilización.

Estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto al contenido de vitamina C (Análisis ANOVA, anexo N°12), para ellos se realizó la cinética de la vitamina C con la finalidad de evaluarlos en un tiempo de 5 días y poder determinar estadísticamente el mejor tratamiento.

5.4. Cinética de la vitamina C.

Los resultados para la cinética por tratamiento y tiempo, se presentan en el **Cuadro 11** y **figura 7,** en donde se observa que cada tratamiento influye de forma distinta, notándose que la pulpa de camu camu sin encapsulante tuvo mayor contenido de vitamina C en el día cero 17915 mg/100g, posteriormente disminuyo ligeramente durante los primeros días, para luego comenzar a disminuir de manera rápida el contenido de vitamina C a 9754 mg/100g. El tratamiento 2 (10% de maltodextrina) tuvo buena retención de vitamina C en los primeros días, para luego comenzar a descender

ligeramente, mientras que el tratamiento 3 (13% maltodextrina) durante todo el tiempo presento una mejor estabilidad de retención de vitamina C de 13320 mg/100g, respecto a 12876 mg/100g al 10% de encapsulante.

Estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto a la concentración de vitamina C (Análisis ANOVA, anexo N°14), para ello se realizó las comparaciones correspondientes en la prueba de Tukey ($p>0,05$). Donde el tratamiento 3, al 13% de maltodextrina, tiene mejor concentración de vitamina C con un valor de 13320 mg/100g de muestra, con respecto al tratamiento 2 y tratamiento 1.

5.5. Capacidad antioxidante de la pulpa de camu camu.

En el **Cuadro 9,** Se muestran los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante por inhibición del radical DPPH en la pulpa de camu camu. Se observa que el resultado de IC50 en la pulpa de camu camu es de 172.397 ug/mL. De acuerdo a otros trabajos de investigación como la de Solis *et al.* (2009), reporta que la capacidad de antioxidante de IC50 se encuentran en la pulpa con 167.67 ug/mL y en la cascara de camu camu con 146.94 ug/mL. En efecto, los valores encontrados son ligeramente menores.

Zavaleta (2005) señala que la inhibición de radicales libres varía de acuerdo a el lugar de origen, el tratamientos de los alimentos y las condiciones climáticas. A su vez Hughes (2008) indica que el gran poder de los antioxidantes se mide por su actividad inhibidora de DPPH.

5.6. Capacidad antioxidante del producto liofilizado.

En el **Cuadro 10 y figura 6,** se muestran los resultados de capacidad antioxidante en la pulpa liofilizada por tratamiento. En donde se observa que a medida que el porcentaje de encapsulante aumenta, la capacidad antioxidante disminuye. Además, se observa que los tratamientos con encapsulante de 10% con un IC50 de 18.923 ug/mL y 13% con un IC50 de 19.217 ug/mL, de maltodextrina, son las que mejor capacidad antioxidante muestra en la pulpa liofilizada de camu camu,

Los valores de capacidad antioxidante que se han determinado tienen relación con los obtenidos en el trabajo de investigación por Sotero (2007), cuyo estudio reporta que la mayor inhibición de radicales libres DPPH se da en muestras liofilizadas de camu camu por extractos hidroalcóholicos. Con un valor de IC50 de 20 ug/mL.
Calvay (2009) mostró que el fruto pintón presenta un coeficiente de IC50 de 19.12 ug/mL, mientras que Mariñas et al (2009) obtuvo el valor de 12.38 ug/mL en estado pintón para el radical DPPH.

Los resultados obtenidos por Villanueva (2010), quien evaluó la actividad antioxidante en la cáscara seca de camu camu, en diferentes estados de madurez, usando diferentes tipos de radicales (DPPH, ABTS y Peroxilo) obtuvo la mayor actividad antioxidante en la muestra pintón, con IC50 de 46.20 ug/mL frente al radical DPPH; IC50 de 20.25 ug/mL para ABTS y un IC50 de 8.30 ug/mL para Peroxilo.
Mientras los valores de IC50 sean menores, existe mayor actividad antioxidante, por lo tanto se puede afirmar que los frutos de camu camu presentan una alta capacidad antioxidante.

Estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto a la capacidad antioxidante (Análisis ANOVA, anexo N°13), para ello se realizó las comparaciones correspondientes en la prueba de Tukey ($p>0,05$). Se puede observar que el tratamiento al 10% y el tratamiento al 13 % de maltodextrina tienen mejor inhibición de IC50, mientras que en los otros tratamientos, la inhibición de IC50 disminuye notoriamente. Entre los tratamientos con mejor inhibición de radicales libres y las mejores cualidades físicas es el tratamiento 3, al 13% de maltodextrina.

VI. CONCLUSIONES.

Según los resultados obtenidos, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El tratamiento 3, al 13% de maltodextrina, como agente encapsulante, ofrece mejores condiciones de conservación de la vitamina C (15014 mg EAA/100 g muestra), además de tener mejores características físicas de pulpa liofilizada.

- La mejor capacidad antioxidante de inhibición de radicales libres DPPH en la pulpa liofilizada de camu camu con maltodextrina fue el tratamiento 3, al 13%, con un valor de IC50 de 19.217 ug/ mL.

- La cinética de la vitamina C evaluado al quinto día en la pulpa liofilizada de camu camu, demostró que la mayor estabilidad de vitamina C se encuentra en el tratamiento 3, al 13% de maltodextrina, conservando en un 13320 mg/100g de ácido ascórbico.

- Las características fisicoquímicas del fruto de camu camu como: humedad de 93.13%, acidez de 2.71%, pH 3.2 y 6.5 °brix, están dentro de los intervalos aceptables según la Norma Técnica Peruana.

VII. RECOMENDACIONES.

- Utilizar maltodextrina como agente encapsulante para pulpa liofilizada de camu camu.

- Realizar estudios de antocianinas, polifenoles en pulpa de camu camu liofilizado.

- Realizar trabajos de investigación con otras pulpas de fruta utilizando el mismo encapsulantes.

- Evaluar la cinética de vitamina C y antioxidantes por tiempos mayores a los realizados en el presente trabajo de investigación para obtener el tiempo de vida útil de la pulpa liofilizada de camu camu.

- Realizar nuevos trabajos de investigación liofilizando cáscara de camu camu para su mejor aprovechamiento.

VIII. LITERATURA CITADA.

Adrikari, B., Howes. T., Bhandari, B. R., & Troung V. 2004. Effect of addition of maltodextrina on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. Journal of Food Engineering 62, 53-68.

Alvarado, Z. R., Panduro, L. G., & Panduro, M. P. 2002. Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de Myrciaria dubia HBK (camu-camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico). alimentaria, 2(2), 89-99.

Alves, R. E.; Almeida, CF. H.; Hebster, M. C. F.; Costa, A. N.C.; Silva,A. A. 2002. camu camu (Myrciaria dubia Mc Vaugh): A Rich NaturalSource of Vitamin C. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 46: pp. 11-13.

Avaltroni F, Bouquerand PE, Normand V. 2004. Maltodextrin molecular weight distribution inf luence on the glass transition temperature and viscosity in aqueous solutions. Carbohyd Polym. 58 (3): 323-324.

Ayala A., L. Serna y E. Mosquera. 2010. Liofilización de pitahaya amarilla (Selenicereus Meganthus). Revista de la Facultad de Química y Farmacia. Vitae 17(2): 121-127.

Badui, S. D. 1999. Química de los alimentos (tercera ed.). México: Addison Wesley Longman.

Badui, S. 2006. Química de los Alimentos. Cuarta Edición. Editorial Alhambra Mexicana. Mexico. 100p. 16.

Blasco, A. J., et al. 2007. Direct Electrochemical Sensing and Detection of Natural antioxidants and antioxidant Capacity in Vitro Systems. Electroanalysis, 19(22): p. 2275-2286.

Bhandari, B. R.; Snoussi, A.; Dumoulin, E. D.; Lebert, A. 1993. Spray drying of concentrated fruit juices. Drying Technology, v. 11, n. 5, p. 1081-1092.

Bhandari, B. R., Howes, T. 1999. Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. Journal of Food Engineering, 40: 71-79.

Brand-Williams, W; Cuvelier, ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. En: LWT - Food Science and Technology. 1995. Vol. 28, no. 1. p. 25-30.

Bejarano, E. y Bravo M., et al. 1990. Tabla de composición de alimentos industrializados. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición, Lima-Perú.

Belitz, H.D; Grosh, W. 1982. Química de los Alimentos. Zaragoza: Acribia. P. 336-339.

Bemiller, J; Whistler, R. 1996. Carbohydrates. In: FENEMMA, O. R. Editorial Food Chemistry. 3rd Ed. New York: Maree! Dekker. p.157-224.

Calvay H. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante en pulpa concentrada de camu camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) Vaugh) en dos estados de madurez en Tingo María.Tesis de pregrado. Tingo María: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Casanova Flores, R. A. 2013. Efecto de la temperatura de secado y concentración de encapsulante en el rendimiento y concentración de vitamina C del jugo de Myrciaria dubia (camu-camu) atomizado.

Ceballos, A. 2008. Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 111 p.

Coultate, T. 2004. Alimentos- A Química de Seus Componentes. Porto alegre: Artmed.

Crespo, L., & Jhon, E. 2012. Influencia de encapsulantes: goma arábica y maltodextrina en los fitoquímicos de la cocona (Solanum sessilliflorum Dunal) ecotipo T-2 liofilizado.

Desai, G. & Park, H. 2005. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients, Drying Technology, 23: 7, 1361-1394

Dziezak, J. 1988. Microencapsulation and Encapsulated lngredients. Food Technology.151p.

Encina C. 2005. Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de aguaymanto (Physalis peruviana) en almíbar aplicando los métodos de Taguchi y Superficie de Respuesta. Tesis de pregrado. Lima: Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Fang, Z., & Bhandari, B. 2010. Encapsulation of polyphenols. Article in Trends in Food Science & Technology 21(10):510-523 · October 2010 with 241 Reads. Recuperado de:

https://espace.curtin.edu.au/handle/20.500.11937/33724.

Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza - España.

Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M. E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. N., et al, 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration, journal of Food Engineering 75, 27-35.

Flores P., 1997. Cultivo de frutales nativos amazónicos- Manual para el Extensionista. (s.e), Editorial Mirigaf S.R.L., Lima-Perú.

García, C.; Castro, D.; Chota, W.; Ruiz, A.; Sandoval, M. 2007. Estudio preliminar del contenido de ácido ascórbico y caracterización genética del camu camu. Memoria institucional – IIAP.

Gokmen V.; Kaharaman N.; Demir N.; Acar J. 2000. Validación enzimática del método de cromatografia liquida para la determinación de ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico en frutas y vegetales. Elsevier Science B.V. J. Chromatogr. A., 881, 309-316.

González Héctor & González Salvador. 2011. Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía. Universidad autónoma de Aguascaliente.

Gonzáles, M.; Betacourt, R.; Ortiz, R. 2000. Daño oxidativo y antioxidantes. Bioqufmica. Universidad autónoma metropolitana- unidad lztapalapa. México. 25 (1): p. 3-9.

Gutiérrez, T. M.; Hoyos, O. L.; Páez, M. l. 2007. Determinación del Contenido de Ácido Ascórbico en Uchuva (Physalis peruviana L.), por cromatografía Liquida de alta resolución (HPLC). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol. 5. (1) 70-79.

Grajales, L., Cardona, W. & Orrego, C. 2005. Liofilización de carambola (averrhoa carambola L.) osmodeshidratada. Ingeniería y competitividad, 7(2), pp.19-26.

Gregory, J. 1996. Vitamins. In: Fennema, O.R. Food Chemistry. 3ed. 1996. Cap 8, p. 531-616.

Imán, S.; Melchor, M. 2007. Tecnología para la producción del camu camu. Serie Manual N° 1-07. Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA. Primera Edición. Lima. 51 p.

Huayanay, H. 2000. Evaluación de la calidad de 8 ecotipos de cocona (Solanum topiro HBK) tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú.150 p.

Hughes, K. 2008. Potencial del camu camu y sacha inchi en el mercado estadounidense. Lima: PROMPEX - BIOCOMERCIO Perú.

IIAP. 2000. Proyecto Bioexport-Camu Camu: “Sistema de Producción de Camu Camu en Restinga” – Manual Técnico.

Imán, S.; Melchor, M. 2007. Tecnología para la producción del camu camu. Serie Manual N° 1-07. Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA. Primera Edición. Lima. 51 p.

Justi KC, Visentainer JV, Evelazio de Souza N, Matsushita M. 2000. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu camu (*Myrciaria dubia*) pulp. Arch Latinoam Nutr. 50(4):pp. 405-408.

Klinar, B. S.; Chang, C. A.; Chanllío, L. J. 2009. Evaluación comparativa de contenido de vitamina C en diferentes estados de maduración del fruto de camu camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) según NTP 011:030:2007. FITOICA Revista Científica. 4(1): pp. 2332.

Lazo, A. 2013. Conservación por liofilización de pulpa camu camu. Universidad Nacional De San Martín - Tarapoto.

Madene A, Jacquot M, Scher J, Desobry, S. 2006. Flavour encapsulation and controlled release a review. Int J Food Sci Tech; 41 (1): 1-21.

Mariñas M., Paucar C., Peláez P. 2009. Conservación de pulpa de camu-camu (Myrciaria dubia McVaugh), concentrado a vacío y tratado con ultrasonido; y estudio de sus componentes bioactivos. □Tesis de pregrado□.Tingo María: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Maeda, R. N.; Pantoja, L.; Yuyama, O. L. K.; Chaar, J. M. 2006. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu camu (Myrciaria dubia McVaugh). Ciênc. Tecnol. Aliment. 26(1): pp. 70-74.

Marqués, L.G. & Freire, J.T., 2005. Analysis of freeze-drying of tropical fruits. Drying Technology, 23(9-11), pp.2169-2184.

Martínez, A. 2003. Carotenoides. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Medellín - Colombia. 1O p.

Mazza, G. 2000. A;l,imen~os funcionales.. Aspectos bioquímicos y de procesado. Madrid, España, Editorial ACRIBIA, S.A. p. 457.

Mendoza, O. 1989. Informe de la colección de recolección de germoplasma de camu camu (Myrciaria dubia) en la Amazonía peruana. Informe técnico Nº 11. Programa de investigación en cultivos tropicales. INIA. Lima. 19 p.

Miller D. 2001. Química de los alimentos. Manual de laboratorio. Baldareras 95, México, DF, Editorial Limusa, S.A. 173 p.

Miller, N. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. En: Clinical science (London, England). vol. 84. p. 407-412.

Natura, 1999. Antioxidantes contra el envejecimiento y las enfermedades.Natura 32- 39 p.

Nindo, C. I., Sun, T., Wang, S. W., Tang, J., & Pwers, J. R. 2003. Evaluation of drying technologies for retention of physical quality andantioxid ants in asparagus (Asparagus officinalis, L.). Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 36, 507-5.

Norma Técnica Peruana – NTP011.0312007. 2007. Productos naturales. Pulpa de camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh). Definiciones y requisitos.

Oliver, J.; Palou, A. 2000. Chromatographic determination of carotenoids in foods. Journal ofChromatography, v.881, n.1-2, p.543-555.

Orrego, C. 2008. Congelación y liofilización a alimentos Edit. Artes Gráficas Tizán y Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia 172p.

Pedroza-Islas R, Alvarez-Ramirez J, Vernon-Carter EJ. 2000. Using biopolymer blends for shrimp feedstuff microencapsulation. II: dissolution and floatability kinetics as selection criteria. Food Res Int. 33 (2): 119-124.

Pereira Canuto, H. M., Rodrigues Amorim Afonso, M., & Correia da Costa, J. M. 2014. Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp powder with maltodextrin. Acta Scientiarum. Technology, 36(1).

Pietta, Piergiorgio; *et al*. 2000. Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) of Ginkgo biloba flavonol and Camellia sinensis catechin metabolites. En: Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. Vol. 23. p. 223-226.

Pineda, A. 2005. Determinación de las propiedades antioxidantes de variedades de injerto (Pouteria viridis) que se cultivan en tres regiones de Guatemala. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 79 p.

Pirone, B.N.; Ochoa, M.R.; Kesseler, A.G.; DE Michelis, A. 2003. Evolución de la concentración de ácido ascórbico durante el proceso de deshidratación de

frutos de la rosa mosqueta (*Rosa eglanteria* L.). Revista de Investigaciones Agropecuarias, Buenos Aires, 31(1):85-98.

Pokorny, 2001. Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. Zaragoza, España, Editorial ACRIBIA, S.A. 364 p.

Polyakov, N.; Leshina, T.; Konovalovia, T.; Kispert, L. 2001. Carotenoides as scaavengers of free radicals in fenton .reaction: antioxidants or pro oxidants. J. fre rad. Boil. And med. 31 (3): p. 398-404.

Ramírez, J. 2011. Liofilización de alimentos. Universidad del Valle. Cali, Colombia.: Edición ReCiTelA, V.6 n.2.

Ramos, A. Z.; García, P. L.; Pinedo, P. M.; Souza N. R. 2002. Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de Myrciaria dubia H.B.K. (camu camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico). Revista Amazónica de Investigación Alimentaria.2 (2): p.89–99.

Reineccius, G. A. 1991. Carbohydrates for flavor encapsulation. Food Technology, v. 46, n. 3, p. 144-152.

Reineccius, G. 2001. Multiple-core encapsulation: the spray drying of food ingredients. Eds. American Chemical Society, Washington-United States of America, p.55-66.

Rengifo E. 2009. Monografía: camu camu – *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mac Vaugh. *PerúBiodiverso*. Lima, Perú.

Rodrigues, R. B.; Menezes, H. C; Cabral, L. M. C; Dornier, M; Rios, G. M; Reynes, M. 2004. Evaluation of reverse osmosis and osmotic evaporation to concentrate camu camu juice *(Myrciaria dubia).* Journal of Food Engineering 63, 97-102.

Rojas T. A. & Alegría M. C. 2005. Influencia de los encapsulantes: Goma Arábiga y dextrina sobre la calidad del camu camu (Myrciaria dubia) liofilizado. Anales Científicos Vol. LXI. Universidad Agraria la Molina – UNALM. Lima, Perú.

Salas N., Estrada E., Lengua R., Pino J., Alvis R., Bazán D., Becerra E., Sandívar

J., Carhuancho M., Osorio A., Caja V. 2009. Proceso para obtener una bebida nutracéutica a partir de Myrciaria Dubia (camu camu), orientado a reducir efecto genotóxico en niños de edad escolar Revista Peruana de Química e Ing. Química, 12(2), 34-41.

Sandoval, M. et al. 2002. Antioxidant Activity of the Cruciferous Vegetable Maca (Lepidium meyenii). Food Chemistry, v. 79, n. 2,
p. 207 – 213.

Solis, V. S., Doza, L. S., de Sotero, D. G., & Correa, S. I. 2009. Evaluacion de la actividad antioxidante de la pulpa, cascara y semilla del fruto del camu camu (Myrciaria dubia HBK). Revista de la sociedad química del Perú, 75(3), 293-299.

Sotero Solis, V., Silva Doza, L., García de Sotero, D., & Imán Correa, S. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu (Myrciaria dubia HBK). Revista de la Sociedad Química del Perú, 75(3), 293-299.

Sotero, V; García de Sotero, D.E.; Velazco, E. 2007. Estabilidad del ácido ascórbico en pulpa deshidratada de camu camu (HBK Mc Vaugh) a diferentes temperaturas. 16: 75-79. Myrciaria dubia Folia amazónica.

Taylor, L. 2001. Herbal Secrets of the Rainforest. Raintree Nutrition, Inc., Austin, Texas 78758. 360p.

Teixeira, A. S; Chaves, L. Da Silva; Yuyama, K. 2004. Esterases for examinig the population structure of camu camu (Myrciaria dubia (Kunth) McVaughMyrtaceae). Acta Amazonica. 34 (1): 89-96.

Torres V. 2010. Determinación del potencial nutritivo y funcional de guayaba (Psidium guajaba L.), cocona (Solanum sessiliflorium Dunal) y camu camu (Myrciaria dubia Vaugh). Tesis de pregrado. Quito: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional.

Vásquez, M. A. 2000. El camu camu; cultivo, manejo e investigaciones. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 218 p.

Vega R. 2001. Valor agregado en camu camu. Informe final de investigación, IIAP Pucallpa, Perú.

Vega, V. R. 2005. Liofilización de pulpa de myrciaria dubia hbk mc vaugh, camu camu. Folia amazónica, 14(2), 51-56.

Villachica, H. 1996. El cultivo de camu camu (Myrciaria dubia) en la Amazonía peruana. TCA (Tratado de Cooperación Amazónico). Lima – Perú.

Villanueva Tiburcio, J. E., Condezo-Hoyos, L. A., & Asquieri, E. R. 2010. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (Myrciaria dubia (HBK) McVaugh). Food Science and Technology, 30, 151-160.

Zapata, S. M.; Dufour, J-P. 1993. Camu camu Myrciaria dubia (HBK) McVaugh: Chemical Composition of Fruit. J Sci Food Agric. 61: pp. 349351.

Zavaleta J. 2005. Capacidad antioxidante y determinación de ácidos fenólicos y flavonoides en 8 alimentos nativos del Perú. [Tesis de postgrado]. Lima: Escuela de Post Grado-Especialidad de Bioquímica y Nutrición, Facultad de Medicina Humana, Universidad Privada de San Martín de Porres.

IX. ANEXO.

OBTENCIÓN DE LA PULPA DE CAMU CAMU PINTÓN.



FOTO 1. Recolección de camu camu



FOTO 2. Selección y clasificación



FOTO 3. Pesado



FOTO 4. Lavado y desinfectado



FOTO 5. Despulpado y tamizado



FOTO 6. Almacenado

OBTENCIÓN DE LA PULPA LIOFILIZADA DE CAMU CAMU.



FOTO 7. Acondicionamiento de la pulpa



FOTO 8. Pulpa congelada



FOTO 9. Sublimación



FOTO 10. Armado y liofilizado



FOTO 11. Envasado



FOTO 12. Almacenado

Recuadro 1A. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.

La determinación del contenido de humedad se realizó por efecto gravimétrico, según el MÉTODO AOAC Nº 981.05 (1980).

Procedimiento:

- De determino el peso de la placa empleando una balanza analítica.
- Se añade la muestra (5g) y se vuelve a pesar.
- Se lleva a estufa a 60°C durante 24 horas.
- Se coloca en el desecador hasta que enfrié para luego proceder a pesarlo.
- Este procedimiento se repite hasta obtener un peso constante.
- Para determinar la humedad se emplea la siguiente formula:

$$\%\,\mathbf{Humedad} = \frac{(\mathbf{P_1} - \mathbf{P_2})}{\mathbf{m}} \times \mathbf{100}$$

Dónde:

- **P_1=** Peso de la placa más muestra.
- **P_2=** Peso de la placa más muestra seca
- **M =** Peso de la muestra.

Recuadro 2A. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ.

La acidez total se determinó según el MÉTODO AOAC Nº 950.07 (1984), en donde sus resultados son expresados en porcentaje de ácido cítrico

Procedimiento:

- En un vaso de precipitado, se pesa la muestra (1g) con ayuda de una balanza analítica.
- Se añade fenolftaleína al 1% (200 microlitros).
- Se procede a titular con solución de NAOH al 0.1N, hasta obtener un cambio de color rosado tenue y que permanezca por 5 seg.
- Para determinar la acidez total se emplea la siguiente formula:

$$\% \mathbf{Acidez} = \frac{\mathbf{V_{(Gasto\ de\ NaOH)}} \times \mathbf{N_{(NaOH)}} \times \mathbf{Meq_{(Ácido\ Cítrico)}}}{\mathbf{V_{muestra}}} \times \mathbf{100}$$

Dónde:

- Normalidad del NaOH = 0.1
- Miliequivalentes del Ácido Cítrico = 0.064

Recuadro 3A. DETERMINACIÓN DE pH.

La determinación del pH se realizó por el MÉTODO AOAC Nº 935.15 (1980). El potenciómetro se calibra a través de soluciones tampón padrones de pH 4.01 a 7.00 en un pH-metro digital.

Recuadro 4A. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES.

El contenido de solidos solubles se determinó mediante el MÉTODO REFRACTÓMETRO A.O.A.C (2001).

El porcentaje de sólidos solubles se determina directamente por lectura en el refractómetro digital.

DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS.



FOTO 13. Acidez titulable



FOTO 14. Determinación de acidez



FOTO 15. Muestra para la humedad



FOTO 16. Determinación de humedad



FOTO 17. Determinación de grados Brix



FOTO 18. Determinación de pH

DETERMINACIÓN DE VITAMINA C.



FOTO 19. Preparación de la pulpa



FOTO 20. Lectura de la vitamina C

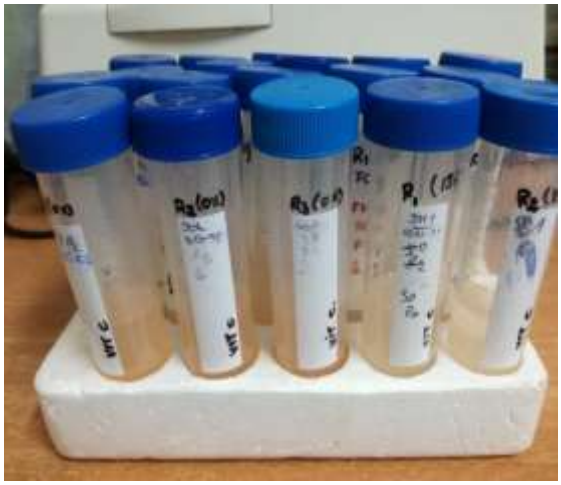


FOTO 21. Extracto del liofilizado



FOTO 22. Diluciones

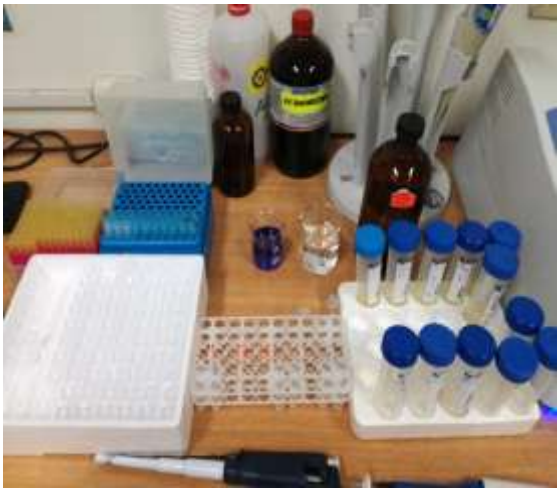


FOTO 23. Reacciones



FOTO 24. Lectura de la vitamina C para el liofilizado

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH).



FOTO 25. Reactivos para DPPH



FOTO 26. Preparación de la muestra

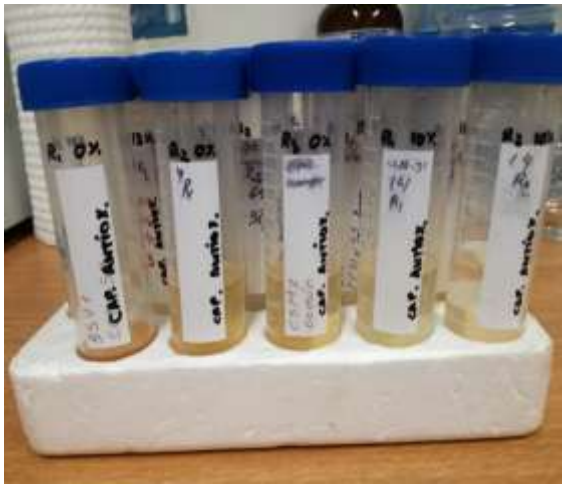


FOTO 27. Extractos



FOTO 28. Diluciones

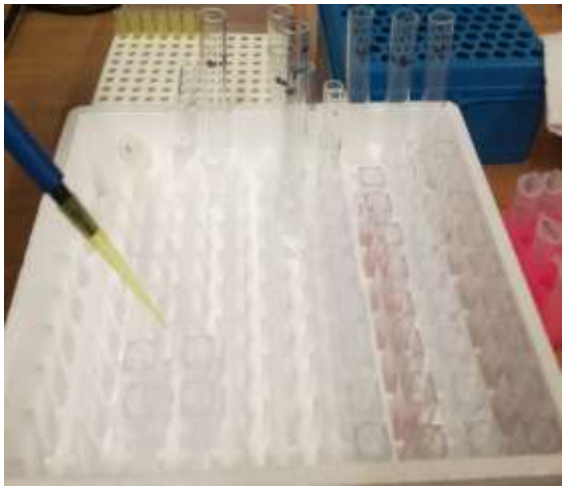


FOTO 29. Cubetas de espectro



FOTO 30. Dilución de la reacción para antioxidante

Figura 1A. CURVA PATRÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VITAMINA C.

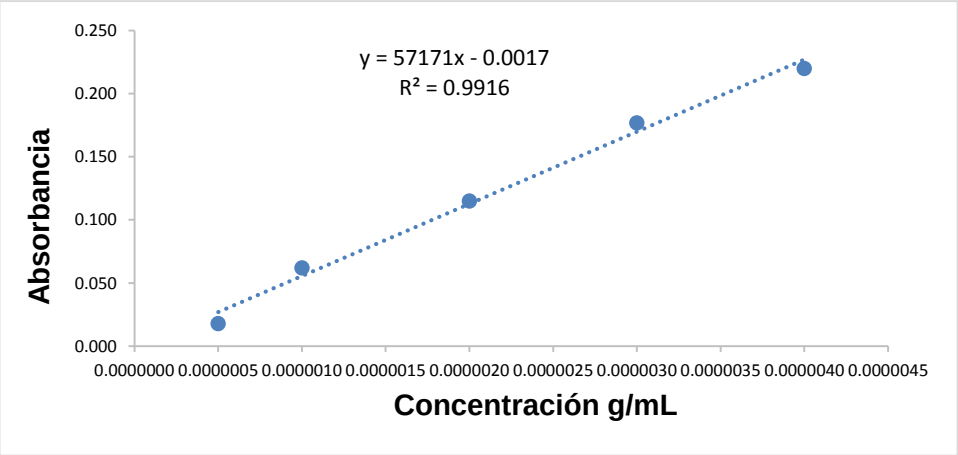
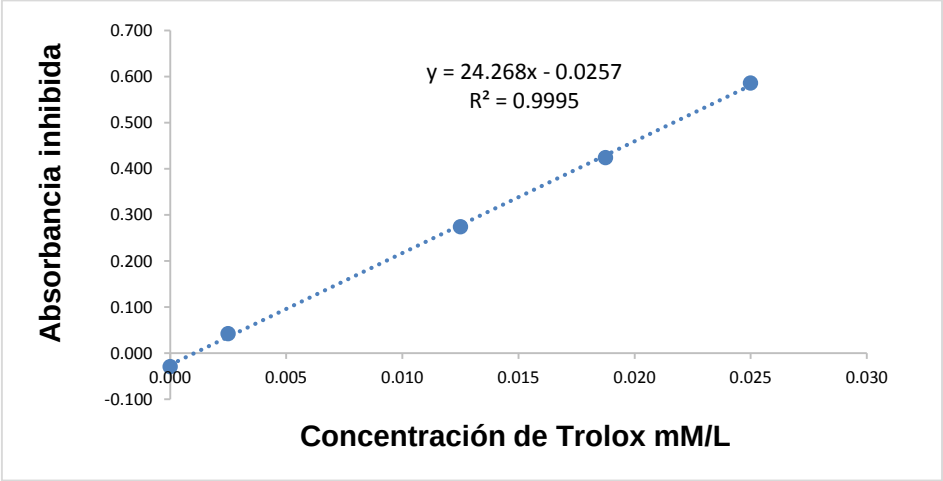


Figura 2A. CURVA PATRÓN PARA LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA VITAMINA C.

Cuadro 14. ANOVA de la vitamina C en la pulpa liofilizada de camu camu

ANOVA

Concentración de vitamina C

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	54774750,910	5	10954950,180	2,442	,095
Dentro de grupos	53822141,580	12	4485178,465		
Total	108596892,500	17			

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.

Cuadro 15. ANOVA de la capacidad antioxidante en la pulpa liofilizada

ANOVA

Capacidad antioxidante

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1335,192	5	267,038	47,379	,000
Dentro de grupos	67,634	12	5,636		
Total	1402,826	17			

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA CINÉTICA DE LA VITAMINA C EN AL PULPA LIOFILLIZADA DE CAMU CAMU.

Cuadro 16. ANOVA de la vitamina C a los 5 días evaluados en la cinética

ANOVA

Concentración de vitamina C

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	22657072,030	2	11328536,010	86,348	,000
Dentro de grupos	787180,680	6	131196,780		
Total	23444252,710	8			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Constancia

N° 060

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el PROYECTO DE INVESTIGACION titulado:

"EFECTO DE LA CONCENTRACION DE MALTODEXTRINA COMO AGENTE ENCAPSULANTE DE LA VITAMINA C EN EL DESHIDRATADO POR LIOFILIZACION DE LA PULPA DE CAMU CAMU (Myrciaria dubia HBK McVaugh) EN PUCALLPA"

Cuyo autor es:

Katherin Edith, Mamani Fuentes

Asesor: **Dr. Edgardo, García Saavedra**

Escuela: **Ingeniería Agroindustrial**

Facultad: **Ciencias Agropecuarias**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **04%.**

El tal que de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en la DIRECTIVA DE USO

DEL SISTEMA ANTIPLAGIO (10%), en el artículo 9: "Criterios de porcentaje de similitud". Se declara, que dicho trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 22/02/2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
DRA. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral. Prod. Intel

Firma: _____