Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Obtención de un alimento liofilizado a base de maracuyá (*Passiflora edulis*) y camu camu (*Myrciaria dubia*).

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Patrick Abner Obregón García

ASESOR:

Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio

Tarapoto – Perú
2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Obtención de un alimento liofilizado a base de maracuyá (*Passiflora edulis*) y camu camu (*Myrciaria dubia*).

AUTOR:

Patrick Abner Obregón García

Sustentado y aprobado el 25 de Julio 2019, por los siguientes jurados:

.....	.....
Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada **Presidente**	**Ing. Dr. Thony Arce Saavedra** **Secretario**
.....	.....
Ing. Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge **Miembro**	**Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio** **Asesor**

Declaración de Autenticidad

Yo, **PATRICK ABNER OBREGÓN GARCIA**, identificado con DNI N° 72286856, bachiller de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto, con la tesis titulada: "**Obtención de un alimento liofilizado a base de maracuyá (*Passiflora edulis*) y camu-camu (*Myrciaria dubia*).**";

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse que el trabajo cuenta con la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar ideas de otros), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 25 de Julio del 2019

Patrick Abner Obregón García

DNI: 72286856

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: Obregón Garcia Patrick Abner	
Código de alumno : 72286856	**Teléfono:** 952461231
Correo electrónico : Patrick_12-06@hotmail.com	**DNI:** 72286856

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: Ingeniería Agroindustrial.
Escuela Profesional de: Ingeniería Agroindustrial.

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo: Obtención de un alimento liofilizado a base de maracuyo (passiflora edulis) y camu camu (Myrciaria dubia).
Año de publicación: 2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA"**.

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:
13 / 09 / 2019

.....
Firma del Responsable de Repossitorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios todo poderoso por haberme dado

la vida y espiritualmente acompañándome

todos los días.

A mis padres: **ABNER y PURA**, por su cariño y afecto, por su esfuerzo, sacrificio y honestidad, en guiar mis pasos y permitirme vivir una experiencia tan importante para mi formación.

A mis hermanos: **KENNETH y JEAN**, por

su apoyo moral y material, para termina la

carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Patrick Abner.

Agradecimientos

Al Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio, asesor de tesis que compartió sus conocimientos, orientación y su capacidad para guiar mis ideas, no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en mi formación dentro del campo de la investigación.

Al Ing. Ángel Chávez, por su importante apoyo en la parte experimental y su disponibilidad que hizo mi aprendizaje en métodos de extracción y cuantificación de Polifenoles totales durante el desarrollo de la investigación.

Al Ing. Richer Garay, técnico de laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martin, por su disposición para el adiestramiento y manejo de los equipos del Laboratorio de Investigación. Su colaboración fue de gran ayuda durante mi estancia en el laboratorio.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial por su valiosa enseñanza para moldear mi formación personal, social y profesional.

A todos mis amigos que compartimos durante mi formación profesional y aquellos en la parte experimental compartiendo diferentes puntos de vista al respecto de nuestras técnicas de análisis y obtención de productos.

EL AUTOR.

Índice general

Introducción.....1

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....3

1.1. Antecedentes de la investigación.....3

1.2. Maracuyá *(Passiflora edulis)*.....5

1.2.1. Propiedades Nutricionales y usos. 6

1.2.2. Actividad Biológica y algunos metabolitos secundarios 7

1.3. Camu camu *(Myrciaria dubia).* 8

1.3.1. Propiedades nutricionales y usos. 9

1.4 Liofilización.....10

1.4.1 Fundamentos de la Liofilización.....10

1.4.1.1. La liofilización, etapas principales 11

1.5 Encapsulante 14

1.5.1 Goma Arábiga.....16

1.5.2 CMC (Carboximetilcelulosa).....17

MATERIAL Y MÉTODOS 18

2.1. Lugar de ejecución.....18

2.2. Materiales y equipos 18

2.2.1. Materia prima e insumos.....18

2.2.2. Materiales.....18

2.2.3. Equipos 19

2.2.4. Reactivos.....19

2.3. Metodología experimental. 20

2.3.1. Formulación de extractos y encapsulante para el ensayo en el liofilizador.....22

2.3.1.1. Acondicionado y liofilizado de las muestras 22

2.3.1.2. Métodos de Control.....23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26

3.1. Caracterización físico química de Maracuyá (*Passiflora edulis*) y Camú camu (*Myrciaria dubia*) 26

3.2. Pruebas experimentales del Liofilizado de la mezcla de jugos de maracuyá y camu camu. 28

3.2.1. Formulación 28

3.2.2. Efecto de presión y encapsulante durante el secado por liofilización de la mezcla maracuyá/camu camu 30

3.2.3. Composición proximal del polvo liofilizado de la mejor relación de la mezcla de jugos maracuyá/camu camu 47

CONCLUSIONES 49

RECOMENDACIONES 50

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

ANEXOS 60

Índice de tablas

Pág.

Tabla 1. Valores promedios de polifenoles totales en muestras de camu camu..... 3
Tabla 2. Concentraciones de ácido ascórbico en camu camu..... 4
Tabla 3. Características y propiedades funcionales del maracuyá 5
Tabla 4. Composición química del jugo de maracuyá (100g)..... 7
Tabla 5. Composición físico química del camu camu (base 100g. de pulpa) 10
Tabla 6. Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos 16
Tabla 7. Formulación de jugos de maracuyá, camu camu y encapsulante..... 22
Tabla 8. Características físico químicas del jugo de maracuyá y camu camu (n=3)..... 27
Tabla 9. Propiedades físico químicos, funcionales y color en la formulación de extracto de maracuyá y camu camu (n=3) 29
Tabla 10. Efecto de la presión y el encapsulante en las propiedades funcionales de la mezcla de jugos maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 37
Tabla 11. Datos de peso en gramos del proceso de secado por liofilizado de jugo de maracuyá/camu camu v/v. 50/50 con CMC a Presiones 0,2Pa y 165Pa..... 45
Tabla 12. Datos de peso en gramos del proceso de secado por liofilizado de jugo de maracuyá/camu camu v/v. 50/50 con Goma Arábiga (G.A) a Presiones 0,2Pa y 165Pa..... 46
Tabla 13. Composición proximal (%) de polvo liofilizado de la mezcla de jugos maracuyá/camu camu (v/v: 50/50) con 0,2% de CMC a una presión de 0,2Pa .. 48

Índice de figuras

Pág.

Figura 1. Planta de maracuyá 6
Figura 2. Fruto de camu camu 8
Figura 3. Diagrama de cambio de fase para sistema de un componente 11
Figura 4. Fases de liofilización 13
Figura 5. Diagrama de flujo para la mezcla liofilizada de maracuyá y camu camu 21
Figura 6. Índice de madurez del jugo de maracuyá y camu camu 27
Figura 7. Primera fase de liofilización 34
Figura 8. Segunda fase de liofilización 35
Figura 9. Tercera fase de liofilización 36
Figura 10. Efecto de la presión y el encapsulante en la Humedad final (%) del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 38
Figura 11. Efecto de la presión y el encapsulante en el contenido de polifenoles totales del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 39
Figura 12. Efecto de la presión y el encapsulante en el contenido de vitamina C del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 40
Figura 13. Efecto de la presión y el encapsulante en la Luminosidad (L) de maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 41
Figura 14. Efecto de la presión y el encapsulante en el color (*a) de maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 42
Figura 15. Efecto de la presión y el encapsulante en el color (*b) de maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado 43
Figura 16. Curva de secado de liofilización por pérdida de peso gramos (g) de la mezcla de maracuyá/camu camu (50/50) con CMC a presiones de 0,2Pa y 165Pa 47
Figura 17. Curva de secado de liofilización por pérdida de peso gramos (g) de la mezcla de maracuyá/camu camu (50/50) con G.A. a presiones de 0,2 y 165Pa 47

Anexos

Pág.

Anexo A: Determinación de Curva estándar de vitamina C y Polifenoles Totales**.** 60

Anexo B: Análisis estadístico de polifenoles totales. 62

Anexo C: Análisis estadístico del contenido de vitamina C. 64

Anexo D: Análisis estadístico de porcentaje de humedad**.** 65

Anexo E: Análisis estadístico del color del producto liofilizado**.**.....66

Anexo F: Fotos de la parte experimental del trabajo de investigación. 72

Glosario de términos

Mezcla de Jugo: (v/v. 50/50) 50% de maracuyá y 50% de camu camu

Mezcla de Jugo: (v/v. 70/50) 70% de maracuyá y 30% de camu camu

Mezcla de Jugo: (v/v. 90/50) 90% de maracuyá y 10% de camu camu

CMC: Carboximetilcelulosa

G.A: Goma arábiga

ML: Mezcla liofilizada

AA: Ácido ascórbico

AG: Ácido Gálico

Resumen

Se elaboró producto alimenticio liofilizado utilizando mezcla de jugos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y camu camu (*Myrciaria dubia*), frutas tropicales de la amazonia, que aportan componentes bioactivos importantes para el cuerpo humano. Se formularon mezclas de maracuyá/camu camu (v/v: 50/50; 70/30 y 90/10) usando encapsulante 0,2% CMC y 1,5% Goma arábiga, se formaron cubos de 1,5 cm de espesor congelados a -24°C/24 horas y secados en un liofilizador a 0,2 y 165 Pa durante 24 horas. Se determinaron las propiedades fisicoquímicas del jugo y en polvo liofilizado, como color, polifenoles totales y vitamina C. Los resultados indican 15 °Brix, 74,61 mgAG/ml y 24,55 mgAA/ml (vitamina C) en jugo maracuyá; 6 °Brix, 622,88 mgAG/ml y 2714,10 mgAA/ml (vitamina C) en jugo camu camu, lo que confirma una ligera sinergia en la mezcla de jugos 50/50 y en polvo liofilizado con 0,2% CMC a una presión de 0,2 Pa tiene mayor contenido de vitamina C (1016 mgAA/ml) y polifenoles totales (534,94 mgAG/ml) comparado al polvo liofilizado con 1,5 % de goma arábiga a 165 Pa que tiene vitamina C (675 mgAA/ml) y polifenoles totales (415 mg AG/ml), estadísticamente existe diferencia significativa $p< 0,05$ solo para polifenoles totales; logrando obtener un polvo liofilizado de maracuyá/camu camu (50/50) con 6,13% humedad; 5,97% proteína; 1,3% grasa; 2,51% ceniza; 1,5% fibra; 82,59% carbohidratos. En general, la incorporación de CMC como encapsulante favoreció la estabilidad de los compuestos bioactivos, obteniendo un producto de maracuyá/camu camu en polvo de calidad funcional y técnicamente viable.

Palabras clave: Camu camu, Compuestos bioactivos, Encapsulación, Liofilización, Maracuyá.

Abstract

Lyophilized food product was prepared using a mixture juices of passion fruit (*Passiflora edulis*) and camu camu (*Myrciaria dubia*), tropical fruits of the Amazon, which provide important bioactive components for the human body. Mixtures of passion fruit/camu camu (v/v: 50/50; 70/30 and 90/10) were formulated using 0,2% CMC encapsulant and 1,5% Gum arabic, 1,5 cm thick cubes formed frozen at -24°C/24 hours and dried in a freeze dryer at 0,2 and 165 Pa for 24 hours. The physical chemical properties of juice and lyophilized powder were determined, such as color, total polyphenols and vitamin C. The results indicate 15 °Brix, 74,61 mgAG/ml and 24,55 mgAA/ml (vitamin C) in passion fruit juice; 6 °Brix, 622,88 mgAG/ml and 2714,10 mgAA/ml (vitamin C) in camu camu juice, confirming a slight synergy in the mixture of 50/50 and lyophilized powder with 0,2% CMC at a pressure of 0,2 Pa has higher vitamin C (1016 mgAA/ml) and total polyphenols (534,94 mgAG/ml) compared to lyophilized powder with 1,5% gum arabic at 165 Pa which has vitamin C (675 mgAA/ml) and total polyphenols (415 mgAG/ml); statistically there is a significant difference $p<0,05$ only for total polyphenols; achieving a freeze dried passion fruit/camu camu (50/50) powder with 6,13% humidity; 5,97% protein; 1,3% fat; 2,51% ash; 1,5% fiber; 82,59% carbohydrates. In general, the incorporation of CMC as an encapsulant favored the stability of bioactive compounds, obtaining a product of passion fruit/camu camu powder of functional and technically viable quality.

Keyword: Camu camu, Bioactive compounds, Encapsulation. Lyophilization, Passion fruit.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
Dirección
CENTRO DE IDIOMAS

Introducción

La conservación de productos biológicos o de sustancias destinadas a la alimentación, fueron y siguen siendo un problema de difícil resolución. La extrema complejidad de los alimentos y su alto contenido de humedad en el caso de frutas y vegetales, los hacen muy sensibles a las condiciones externas. Uno de los métodos es la liofilización, el más noble proceso de conservación de productos biológico conocido, que combina los dos métodos más fiables de conservación, la congelación y la deshidratación por sublimación de componentes volátiles o termo-sensibles. En este proceso los productos obtenidos no se ven alterados en sus propiedades y se rehidratan fácilmente (Ramírez, 2006).

La Organización Mundial de la Salud, ha señalado que la obesidad y sobrepeso han alcanzado caracteres de epidemia a nivel mundial. Al igual que en otros países, en Perú el exceso de peso presenta una prevalencia alta y creciente desde los primeros años de vida. La obesidad afecta al 7,4% en los menores de 6 años, aumentando en los años posteriores, llegando a un 25% en adultos y si además se suma el sobrepeso, más de la mitad de la población nacional se encuentra en esta condición (Minsa, 2012). Ante esta situación muchos consumidores han optado por seguir una dieta que permita mejorar la salud y estudios realizados demuestran que una buena y regular ingesta de frutas favorece un menor porcentaje de patologías (Fiorentino et al., 2009). Dentro de ellas, el maracuyá y camu camu, adicionalmente a las propiedades nutricionales, contienen fitocomponentes (vitamina C, polifenoles totales y otros), cuyo consumo está asociado a la prevención de enfermedades crónicas y degenerativas no transmisibles (Pizzetti et al., 2007 ; Rojas et al., 2009); la vitamina C actúa como defensa contra radicales libres en medio acuoso, tiene gran importancia en otras rutas metabólicas, como la formación de colágeno, para el fortalecimiento del sistema inmunológico y la biosíntesis de aminoácidos (Padayatt et al., 2001). Otros investigadores sostienen que el efecto beneficioso de las frutas se potencia al combinarlas, al respecto Liu et al. (2003), sostienen que los efectos aditivos y sinérgicos de los fitoquímicos presentes en las frutas y hortalizas son responsables de sus actividades antioxidantes. También hay estudios para la elaboración de alimentos funcionales de alta capacidad antioxidante por liofilización (Shui & Leong, 2006), técnica ampliamente utilizada para la producción de fármacos (Tang & Pikal, 2004) y se comercializan en

forma de capsulas, jarabes o polvos (Cruzado & Cedrón, 2012), pero su eficacia para el uso requiere conocer el mecanismo de acción, la dosis y frecuencia de administración (Cortés, Prieto, & Rozo, 2015)

Por esta razón la presente investigación propone elaborar un producto alimentario liofilizado a base de maracuyá y camu camu para la obtención de un polvo con alto contenido de compuestos bioactivos (vitamina C y polifenoles totales) y para lograr este propósito se plantea los siguientes objetivos:

- **Objetivo general**

  Obtener un alimento liofilizado a base de jugo maracuyá (pulpa) y camu camu (cáscara, pulpa y semilla) con efectos sinérgicos posibles, de sus compuestos bioactivos.

- **Objetivos específicos**

  - Caracterizar y formular la mezcla de jugos a base de maracuyá/camu camu y encapsulante.
  - Evaluar el efecto de la presión y del encapsulante en los compuestos bioactivos de la mezcla de jugo de maracuyá/camu camu durante el liofilizado.
  - Cuantificar el contenido de vitamina C, polifenoles totales y la composición química del polvo liofilizado del mejor tratamiento.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Salgado, Ramirez, Rojas, Beltran, y Orrego (2012), en su trabajo de investigación titulado "Polifenoles en tres accesiones de camu-camu (*Myrciaria dubia*)" obtuvieron los siguientes resultados grados Brix 4,46, 4,98 y 5,81, pH 2,3, 2,5 y 2,6 y humedad inicial 89,6; 87,2 y 88,4%. y compuestos fenólicos en accesiones A_2, A_3 y A_5 CARPOICA-Caquetá-Colombia (Tabla 1).

En el trabajo de investigación "*Liofilización de pulpa de Myrciaria dubia HBK (camu camu)*" de las tres temperaturas a las cuales fue efectuada la liofilización, se obtuvieron mejores características organolépticas y sobre todo mayor concentración de ácido ascórbico con la temperatura de -40 ºC (Vega, 2005).

Chang, (2013) en el trabajo sobre "*El camu camu: Aspectos Químicos, Farmacológicos y Tecnológicos*" hace una revisión extensiva de estudios realizados sobre camu camu, donde informa resultados controversiales sobre el contenido de vitamina C, que se resume en la Tabla 2.

Tabla 1

Valores promedios de polifenoles totales en muestras de camu camu

	mg Acido Gálico /100g.		
	accesión	**Fresca**	**liofilizada**
pulpa	A2	1292,028	1187,119
	A3	1476,405	1385,549
	A5	1307,291	1188,573
cáscara	A2	1307,776	1501,602
	A3	1439,335	1809,543
	A5	1400,328	1665,143

Fuente: Salgado et al., 2012.

Tabla 2

Concentraciones de ácido ascórbico en camu camu

Referencia	Año	Parte del fruto	mg de Vit. C	Método
Maeda et al. Determinação e caracterização do néctar de camu camu	2006	Cáscara (epicarpio) Pulpa (mesocarpio)	3092 1640	Tilmans
Bravo Zamudio L. Caracterização de Vitamina C em frutos de camu-camu em diferentes estágios de maturação do Banco ativo de germoplasma de embrapa.	2007	Pulpa de F. verde Pulpa de F. semimaduro Pulpa de F. maduro Pulpa de F. sobremaduro Cáscara de F.verde Cáscara de F. semimaduro Cáscara de F. maduro Cáscara de F. sobremaduro	1920 1840 1630 1870 2450 2480 2410 2670	HPLC
Norma técnica Peruana: NTP 011.030.2007 Productos Naturales. Camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K). Definiciones, clasificación y requisitos.	2007	Pulpa de F. verde Pulpa de F. pintón Pulpa de F. maduro Cáscara de F. verde Cáscara de F. pintón Cáscara de F. maduro	1388 1307 1138 473 432 287	No especificado
Klinar,S. ,Chang, A., Chanllío, J. Evaluación comparativa del contenido de vitamina C en frutos de camu camu, maracuyá y cocona.	2009	Fruto entero Pulpa Cáscara Semillas	1420 1770 2450 610	Iodometría
Villanueva-Tiburci et al. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh).	2010	Cáscara de F.verde Cáscara de F. pintón Cáscara de F. maduro	1378 2050 2195	Tillmans

Fuente: Chang, 2013.

En el caso del maracuyá, investigaciones que evalúan su potencial como alimento funcional o una fuente de compuestos bioactivos, se reportan en la Tabla 3, incluyendo estudios realizados en semillas, cáscara, pulpas y hojas (Carranza, 2015).

Resultados de otras investigación dan cuenta, que la pulpa liofilizada de camu camu (*Myrciaria dubia*) tiene efecto sobre la glucosa sérica, perfil lipídico y actividad antioxidante en ratas diabéticas inducidas por estreptozotocina (Tucto, 2015), mientras tanto el jugo de maracuyá liofilizado como coadyuvante efectivo de la enalapril en la disminución de la presión arterial en pacientes con hipertensión estadio 1 (Rojas et al., 2009).

Tabla 3

Características y propiedades funcionales del maracuyá

Localización	Sustancia	Acción/propiedad	Autor
Semillas	Péptido 2S	Actividad antifúngica; impide el crecimiento de hongos filamentosos y no bacterias.	Agizzio et al, 2003.
	Proteínas passiflin	Impide el crecimiento de *Rhizoctonia solani*, la proliferación de las células de cáncer de mama.	Agizzio et al, 2003.
Cáscara	Fibras	Reducción del colesterol en la sangre y la absorción intestinal de glucosa.	Yapo y Koffi, 2008.
	Vitaminas, minerales y carotenoides.	Prevenir el estrés oxidativo celular.	Beecher, 2003; Cerqueria et al, 2007.
	Albedo de la fruta de la pasión.	Posee actividades antioxidantes y antibacterianas y buenas características de color para su aplicación en productos alimenticios.	López-Vargas et al, 2013.
Pulpa	Vitamina C β-carotenoides y flavonoides	Actividades antioxidantes, estequiometricas y altos efectos inhibidores sobre la mieloperoxidasa.	Gaviria et al, 2012.
Hojas	Polifenoles	Propiedades antioxidantes, prevención de diversos procesos fisiopatológicos asociados con el estrés oxidativo, tal como cáncer y la neurodegeneración de enfermedades cardiovasculares.	Havsteen, 2002.

Fuente: Carranza, 2015.

1.2. Maracuyá *(Passiflora edulis)*

El maracuyá pertenece a la familia Passifloráceae, es originaria de Sur América y con más de 500 especies en todo el mundo (Oliveira, Angonesea, Gomes y Ferreira, 2016). Uno del centro de origen de esta planta es el Perú, presenta dos variedades: la púrpura o morada (*Passiflora edulis Sims*.) y la amarilla (*Passiflora edulis flavicarpa*.) (Amaya, 2009); La diferencia entre estas dos variedades la primera está adaptada a altitudes y áreas templadas y la segunda adaptada a zonas tropicales bajas (Díaz, 2004). El maracuyá es una planta trepadora (Figura 1), vigorosa, leñosa, perenne, con ramas hasta de 20 metros de largo, presenta tallos verdes, acanalados y glabros, presentan zarcillos axilares que se enrollan en forma de espiral y son más largos que las hojas.

Figura 1. Planta de maracuyá. (***Fuente:*** Amaya, 2009).

1.2.1. Propiedades Nutricionales y usos.

El maracuyá es fuente de proteínas, minerales, vitaminas, carbohidratos y grasas, se consume como fruta fresca, o en jugo. Se utiliza para preparar refrescos, néctares, mermeladas, conservas, pastelería y otras aplicaciones en la elaboración de perfumes y cosméticos del aceite de semilla (Pantoja, Hurtado, & Martinez, 2017)

La composición general de la fruta de maracuyá es la siguiente: cáscara 50-60%, jugo 30-40%, semilla 10-15%, siendo el jugo el producto de mayor importancia (Tabla 4). La concentración de ácido ascórbico en maracuyá varía de 17 a 35 mg/100g, para el maracuyá amarillo (Amaya, 2009).

Carranza (2015), menciona que el maracuyá ha pasado de ser solo una sencilla fruta que se utiliza en la producción de jugo a ser una fruta valorada por sus distintos subproductos como las semillas que exhiben actividad antiproliferativa y antifúngica; las fibras de la cáscara que mejoran la producción de ácidos grasos de cadena corta; el albedo de la fruta de la pasión, es tecnológicamente una alternativa viable para la elaboración de productos cárnicos mejorando así su imagen natural y saludable.

El uso de la harina de cáscara de fruta de la pasión fue eficaz para reducir el colesterol total y los triacilglicéridos después de 30 días, el uso de 30 g de harina de cáscara de fruta de la pasión durante 90 días junto con el asesoramiento de dieto terapia fue eficaz para mejorar las concentraciones plasmáticas de colesterol total, LDL-C, HDL-

C y triacilglicéridos (Fernandes et al., 2016). Además, Ichimura et al. (2006), citado por Zeraik et al., (2011) han demostrado el potencial uso de la fruta y su cáscara para varios propósitos, como el efecto antihipertensivo de la cáscara de la fruta de maracuyá, atribuido en parte al efecto vasodilatador de los polifenoles, especialmente la luteolina flavonoide.

Tabla 4

Composición química del jugo de maracuyá (100g)

Componentes	Cantidad
Calorías (cal)	53,00
Proteínas (g)	0,67
Grasas (g)	0,05
Carbohidratos (g)	13,72
Fibra (g)	0,17
Ceniza (g)	0,49
Calcio (mg)	3,08
Fósforo (mg)	24,60
Hierro (mg)	0,36
Vitamina A (mg)	2410,00
Niacina (mg)	2,24
Vitamina C (mg)	20,00

Fuente: Serna, 1992.

1.2.2. Actividad Biológica y algunos metabolitos secundarios

Ramírez, Arango, Maldonado y López (2015), mencionan que los fitoquímicos de la especie *Passiflora edulis* podrían interactuar y presentar actividad anticancerígena. Hay evidencias de estudios científicos de este género, empleado por la medicina tradicional en diferentes países. Se ha usado para el tratamiento de alteraciones como el insomnio y la ansiedad, neurosis, neuralgia e histeria (Deng, Zhou, Bai, Li, & Li, 2010), y como analgésico, antiespasmódico, y antiasmático (Rodriguez, Reyes, Burchiel, Herrera, & Torres, 2008). En poblaciones del Brasil, diferentes partes de las plantas se emplean para el tratamiento de dismenorrea, epilepsia, quemaduras, hemorroides, y como diurético y analgésico (Dhawan, Dhawan, & Sharma, 2004). En la India se ha empleado para disminuir la dependencia a opiáceos por sus propiedades ansiolíticas (Ingale & Hivrale, 2010). En Europa se ha empleado para el tratamiento de constipaciones e infecciones leves. En América, es el grupo más comúnmente utilizado en la fitoterapia occidental

contemporánea. A este género, se le han atribuido propiedades anti-inflamatorias (Pizzetti, Montanher, Zucolotto, Scenkel, & Frode, 2007) y se ha empleado como tratamiento para enfermedades cardiovasculares como la hipertensión (Rojas et al., 2009).

El conocimiento tradicional de *Passiflora edulis* se encuentra bien soportado por estudios científicos, los cuales han demostrado in vitro e in vivo su actividad biológica (Miroddi, Calapai, Navarra, Minciullo, & Gangemi, 2013). Estudios fitoquímicos de sus hojas y frutos han mostrado la presencia de Flavonoides, alcaloides y glucósidos, y en extractos de sus hojas saponinas y polifenoles (Yoshikawa, Katsuta, Mizumori, & Arihara, 2000). La información fitoquímica de *Passiflora edulis Sims*, demuestra la presencia de glucósidos como passiflorina, además de luteolina-6-C-chinovósido, triterpenos, antocianinas, eugenol, γ-lactonas, carotenos, ácido L-ascórbico, ésteres, aceites volátiles, aminoácidos, carbohidratos, tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, calcio, hierro y fósforo (Silva et al., 2012).

1.3. Camu camu *(Myrciaria dubia)*

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es un arbusto cuyo fruto tiene el más alto contenido de ácido ascórbico conocido en el mundo. Está ampliamente distribuido en la Amazonía peruana y normalmente crece en las orillas de los ríos, riachuelos, cochas y lagunas, permaneciendo cubierto por agua hasta cinco meses al año. La fruta (Figura 2) se cosecha principalmente en las poblaciones naturales ubicadas en las orillas de los ríos Ucayali y Amazonas, así como en sus afluentes. La actual producción de camu camu proviene casi en su totalidad de poblaciones silvestres, no manejadas. Sin embargo, cada año aumenta gradualmente la cantidad de fruta que se cosecha de plantaciones, se espera obtener hasta 50 toneladas de camu camu (Cerrón, 2012).

Figura 2. Fruto de camu camu. (***Fuente:*** Cerrón, 2012).

1.3.1. Propiedades nutricionales y usos.

La principal característica de la fruta es su alto contenido de ácido ascórbico. El camu camu contiene más vitamina C que cualquier otra fruta. El contenido de vitamina C oscila entre 1800 y 2780 mg por 100 g de pulpa de camu camu. Comparada con la naranja, el camu camu proporciona 40 veces más vitamina C, 10 veces más hierro, 3 veces más niacina, dos veces más riboflavina, y cincuenta por ciento más fósforo (Tabla 5).

El fruto tiene un gran potencial como alimento funcional por su elevada capacidad antioxidante, puede contribuir a la protección celular en condiciones de inflamación y estrés oxidativo (Sandoval, Martinez, & Gonzales, 2003), debido principalmente a su alto contenido de ácido ascórbico, teniendo importancia en la producción de concentrados y suplementos naturales de esta vitamina (Iman, Bravo, Sotero, & Oliva, 2011).

El camu camu se usa en la industria de alimentos y farmacéutica. El uso principal es para producir jugo, néctar, mermelada, helado y yogur (Klinar, Chang, & Chanilio, 2009), además se elabora vino y vinagre, así como en la línea de confitería (Torres, 2010). En la industria farmacéutica, el camu camu liofilizado en polvo sirve para elaborar tabletas y cápsulas como fuente de vitamina C natural, también para otros productos multivitamínicos o en combinación con otras frutas tropicales (Klinar, Chang, & Chanilio, 2009). De acuerdo con Pinedo et al., (2001), previene las infecciones y evita el escorbuto, el cual es la manifestación de insuficiencia grave de ácido ascórbico o vitamina C., estimula las defensas naturales del organismo e interviene en la absorción de hierro procedente de los alimentos de origen vegetal, previniendo la anemia; además ayuda a evitar la fatiga, reducir la migraña, dolores de cabeza, herpes y cálculos de la vesícula.

Es importante para el organismo humano porque protege a las células contra el envejecimiento, ayuda en la cicatrización de heridas y mantiene encías saludables: además es un poderoso antidepresivo (Zavaka, 2010).

Tabla 5

Composición físico química del camu camu (base 100g. de pulpa)

Componentes	Cantidad
Agua (g)	94,40
Calorías (Cal)	17,00
Proteínas (g)	0,50
Carbohidratos (g)	4,70
Grasa (g)	0,05
Fibra (g)	0,60
Ceniza (g)	0,20
pH	2,64
Sólidos Totales (%)	6,20
Calcio (mg)	27,00
Fosfato (mg)	17,00
Hierro (mg)	0,50
Tiamina (mg)	0,01
Riboflavina (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,062
Vitamina C (ácido ascórbico total) (mg)	1410,00
Compuestos fenólicos (mg)	861,73
Antocianinas totales (mg)	9,98
Flavonoides (mg)	6,53

Fuente: Justi, Visentainer, De Souza y Matsushita, 2000.

1.4 Liofilización'

La liofilización es una modalidad de secado que consiste en la eliminación del agua por sublimación de la misma (Figura 3). Se debe de trabajar a una presión y temperatura por debajo del punto triple del agua: T<0,0099°C y P<610,5Pa, si en estas condiciones se aporta el calor latente de sublimación correspondiente a unos 2,84 MJ/kg, el hielo se transforma directamente en vapor.

1.4.1 Fundamentos de la Liofilización.

En la liofilización de alimentos, se comienza con el congelamiento de los mismos, para posteriormente, proceder al secado, siguiendo con un programa de aplicación de temperaturas, a fin de establecer un equilibrio de la temperatura del alimento con la presión circulante (Rodriguez, 1986).

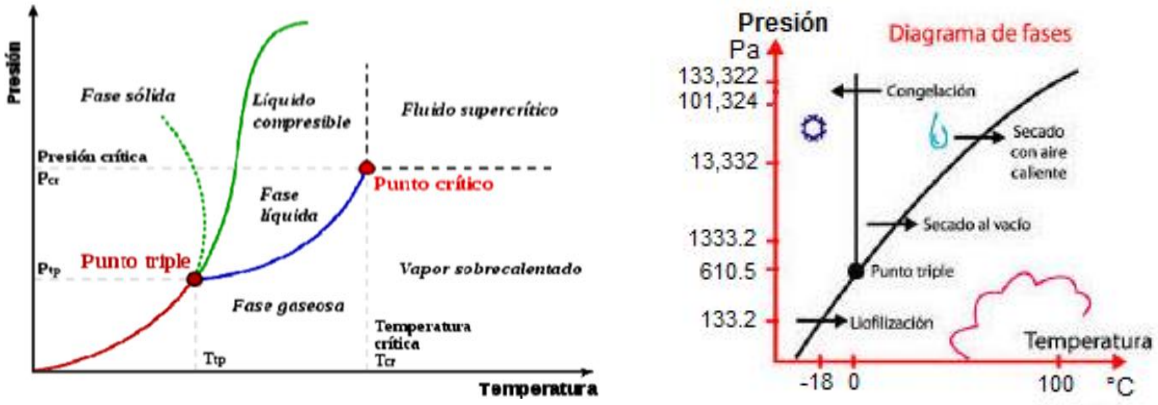


Figura 3. Diagrama de cambio de fase para sistema de un componente. (***Fuente:*** Galán, 2011).

1.4.1.1 La liofilización, etapas principales

Pretratamiento: Esta etapa va a depender del material a liofilizar, hay algunos materiales biológicos que necesitan películas protectoras (crioprotector) o bien simplemente, para maximizar superficie de contacto y así optimizar el proceso de liofilización, permitiendo que en la etapa de sublimación las moléculas de agua salgan rápidamente del producto (Galán, 2011).

Congelación: La etapa de congelación es de extrema importancia, ya que ésta condiciona todas las etapas sucesivas. En el proceso de liofilización, cada núcleo cristalino formado durante el curso de la congelación inicial se vuelve un centro donde las moléculas de agua convergen de los alrededores. El número y tamaño de los cristales de hielo dependerán de la velocidad de congelación (Barreto, 1996). Si bien es cierto, una rápida velocidad de congelación permite conservar en mejores condiciones un alimento (Parzanese, 2012), cabe señalar que los congelamientos rápidos al producir cristales pequeños dificultan la retirada del vapor de agua (Terroni, 2012).

Secado Primario (Sublimación): Es la etapa en la que la mayor parte del agua libre pasa a vapor. Los parámetros temperatura, presión y tiempo pueden ser modificados independientemente, pero están íntimamente relacionados, no es posible modificar sin que se afecten los otros, por lo que en todo momento deben ser considerados conjuntamente y analizados sus efectos (Navarro, 1998).

Secado Secundario (Desorción): En esta etapa se eliminan las últimas trazas de vapor de agua, evaporando el agua no congelada ligada al producto. Se lleva a cabo a una temperatura inferior a la de desnaturalización del producto y se logra una humedad final hasta valores inferiores al 1% (Navarro, 1998). Cabe señalar que, para los alimentos liofilizados, lograr una humedad del 7 al 10% se considera como un proceso exitoso (Galán, 2011). Durante la liofilización suceden dos procesos:

- Transferencia de vapor de agua desde el frente de hielo a través de la capa seca hasta la zona calefactora por difusión.
- Transmisión del calor desde la zona calefactora a la superficie del hielo a través de la capa seca o liofilizada por conducción. Por lo tanto, hay una transferencia simultánea de calor y de masa.

Fases de la liofilización: En la Figura 4, se muestra las fases de la liofilización. El proceso de secado por liofilización propiamente, inicia con la fase 1, o etapa conductiva o de deshidratación primaria. Durante esta etapa el producto se calienta y aumenta rápidamente la sublimación hasta alcanzar un punto máximo. La velocidad de extracción del agua es alta, debido a que la resistencia al transporte de calor desde la placa calefactora al material y al flujo másico de vapor sublimado al condensador es pequeña. Se remueve entre el 70 y el 90% del agua y dura aproximadamente el 10% del tiempo de liofilización. La sublimación ocurre cuando se suministra la energía correspondiente al calor latente medido a la presión de vacío en la cámara de secado. Cuando comienza el calentamiento, empieza a formarse un frente de sublimación con interface entra la capa seca y la capa congelada de la muestra el cual avanza progresivamente. El mecanismo preponderante es la transferencia de calor por conducción. La transferencia de masa ocurre por la migración de vapores a través de la capa seca de la muestra bajo la acción de una diferencia de presión; esta transferencia es alta cuando la diferencia de presión es grande. El vapor de agua generado en la interface de sublimación se elimina a través de los poros (Ceballos, 2008).

Figura** 4.* Fases de liofilización. (Fuente:*** Ceballos, 2008).

Durante la segunda fase o primera etapa difusiva se presenta un descenso importante de velocidad de sublimación debido a la formación de una capa porosa de material seco que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor. Mientras aumenta el espesor de la capa seca crece la resistencia. Durante esta etapa, se reduce la difusión desde la interfase de sublimación hacia la superficie del producto (Ceballos, 2008).

La tercera fase o segunda etapa difusiva, corresponde al periodo durante el cual se absorbe la humedad desde el interior del producto seco. La velocidad de sublimación es cada vez menor, hasta aproximarse a cero. Las fases difusivas corresponden a una evaporación a vacío; una vez que desaparece todo el hielo, el agua que queda en el producto queda como agua ligada, la cual se elimina manteniendo la misma presión de vacío que durante la sublimación, pero la temperatura del producto se eleva. Esto se debe a que el calor necesario para retirar el agua ligada es más alto que el calor de sublimación (Ceballos, 2008).

El tiempo de desorción es aproximadamente proporcional al cuadrado del espesor del producto. En la transferencia de calor y masa se combinan la acción de la temperatura y los gradientes de presión como fuerzas impulsoras, que deben vencer las resistencias generadas por el espesor de la muestra y sus características físicas. Mientras sea más delgado el espesor, menor es la resistencia para que el flujo de calor y al paso de masa a través de la muestra. Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña es posible incrementar la temperatura de calefacción y del producto sin que se deteriore (Ceballos, 2008).

La máxima temperatura generalmente se fija con criterios de calidad del producto. Idealmente la temperatura de la superficie crece rápidamente hasta el nivel máximo permitido y es mantenida en este nivel por el intercambio de calor por radiación desde la placa. La temperatura de la capa de hielo está determinada por interacciones entre las temperaturas de la superficie, la presión de la cámara (Ps) y propiedades de la capa seca como son la conductividad térmica (Kd) y la permeabilidad (b). Idealmente debería estar por debajo del punto de fusión eutéctico, el cual algunos casos son de 27°C o más por debajo del punto de fusión del hielo (Ceballos, 2008).

1.5 Encapsulante

La encapsulación es un proceso o técnica en la cual un compuesto bioactivo es encapsulado por un biopolímero (Saénz, Tapia, Chávez, & Robert, 2009). Especialmente en el área alimenticia, la encapsulación es una técnica mediante la cual gotas de líquido, partículas sólidas o compuestos gaseosos se encuentran atrapados en películas finas de un agente encapsulante de grado alimenticio.

El agente activo de estos encapsulados puede estar compuesto de uno o varios ingredientes. De igual forma la pared o cubierta puede ser de una o doble pared. Esta microencapsulación hoy en día se aplica para preservar y/o proteger numerosos ingredientes comerciales. El material que es cubierto se refiere como fase interna o compuesto activo y el material que lo recubre es llamado pared o matriz y generalmente no reacciona con el material a encapsular (Rahman, 1999).

La técnica de encapsulación es un método común para trabajar con productos termo sensibles, permite convertir materiales líquidos en solidos o en formas pulverulentas más prácticas, protege al material activo y extiende la vida anaquel (Justi, Visentainer, Souza, & Matsushita, 2000).

La industria de los alimentos ha aplicado la encapsulación por diferentes razones:

- La encapsulación puede proteger el material activo de la degradación producida por el medio ambiente (calor, aire, luz, humedad, etc.).

- El compuesto encapsulado se libera gradualmente del compuesto que lo ha englobado o atrapado en un punto determinado.
- Las características físicas del material original pueden ser modificadas y hacer más fácil su manejo (un material líquido convertido a polvo), la higroscopia puede ser reducida, la densidad se modifica, el material contenido puede ser distribuido más uniformemente en una muestra.
- El sabor del material puede ser enmascarado.
- Puede ser usado para separar componentes, con el fin de que estos no reaccionen.

De acuerdo a Saénz, Tapia, Chávez y Robert (2009), existen diferentes agentes encapsulante:

- Polisacáridos: almidón, maltodextrina, jarabe de maíz y goma arábiga.
- Lípidos: ácido esteárico, mono y di glicéridos.
- Proteínas: gelatina, caseína, suero de leche, soya y trigo.
- Celulosa: Carboximetilcelulosa (CMC).

Las Gomas vegetales de uso generalizado son las galactomanas de las semillas de guaraná y algarrobo, los exudados como la goma arábica y el tragacanto, y las de las algas como el carragenano y los alginatos, entre otros. Realizan al menos tres funciones en los alimentos: emulsificantes, estabilizantes y espesantes. Además, algunas son agentes gelificantes, formadoras de cuerpo, agentes de suspensión y aumentan la capacidad para la dispersión de gases en sólidos o líquidos. La Goma Arábiga exudado de la A*cacia senegal* y otras especies de la familia leguminoseae, es estabilizante de emulsiones y encapsulante y bastante soluble en agua, debido a su bajo peso molecular (Mora, 2013).

Las funciones y aplicaciones de los hidrocoloides en los alimentos se muestran en la Tabla 6. Muchos estabilizantes y espesantes son polisacáridos, como: la goma arábica, goma guar, carboximetilcelulosa (CMC), carragenato, agar, almidón y pectina.

Tabla 6

Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos

Función	Aplicación en alimentos
Inhibidor de la cristalización	Helados
Emulsificante	Aderezos, bebidas
Encapsulante	Sabores, vitaminas microencapsuladas
Formador de películas	Productos cárnicos
Agente floculante	Vino, cerveza
Estabilizador de espuma	Cerveza, cremas
Agente gelificante	Postres
Estabilizante	Mayonesa, cerveza
Agente espesante	Salsas, mermeladas

Fuente: Badui, 2006.

1.5.1 Goma Arábiga.

Conocido como goma acacia o goma mimosa, es el exudado que se obtiene de la corteza de árboles como *Acacia senegal*, y otros del mismo género. Es un heteropolisacárido muy ramificado de la familia de las arabinogalactomananas, formado por una cadena principal de unidades de b-galactopiranosas a la cual se le unen residuos de L-ramnopiranosas, de L-arabinofuranosas y de ácido glucurónico; su peso molecular varía entre 300 o 800 kDa. La goma producida por arboles entre 5 y 25 años de edad es incolora, de un tamaño que va de una avellana a una nuez (normalmente de forma esférica o de lagrima), y color que va desde el amarillo claro hasta el amarillo rojizo; por sus características estructurales presente un carácter anfifílica, lo que permite absorber superficies lipofilicas y actuar como un coloide protector, como un agente formador de cápsulas y películas. Rascon, Beristain, García y Salgado (2011) utilizaron la goma arábica para retener y estabilizar carotenoides de paprika, por el método de secado por aspersión, mostrando un apoyo de mayor estabilidad al prevenir la oxidación de carotenoides.

1.5.2 CMC (Carboximetilcelulosa).

La carboximetilcelulosa (CMC) es una modificación química de la celulosa natural, con tratamiento en solución al 18% de hidróxido de sodio (produce celulosa alcalina), luego se hace reaccionar con la sal sódica del ácido cloro acético y se forma la sal sódica de éter carboximetílico. El CMC comercial tienen un grado de sustitución (GS) en el intervalo de 0,4 a 0,8, siendo el tipo para uso alimentario el GS de 0,7 (Fennema, 2000). Es un polímero aniónico soluble en agua, proveniente de la modificación química de la celulosa, sustituyendo algunos de los hidrógenos de los grupos hidroxilos, por grupos carboximetílicos (Fennema, 2000).

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La etapa experimental del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín ubicado en la Ciudad Universitaria, Distrito de Morales, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materia prima e insumos

Los Frutos de maracuyá fueron obtenidos en el mercado número 3 (Huayco) de la ciudad de Tarapoto, mientras que el camu camu procedente de la ciudad de Yurimaguas (recolectados en un estado de pintón-maduro o llamado media luna), según recomendaciones (Lazo, 2015).

- **Insumos**

  Goma Arábiga de uso alimentario, pureza (superior al 99,5 %)
  CMC de uso alimentario, pureza (superior al 99,5%) designándose CMC de esta calidad como goma de celulosa, la cual es un polvo de color blanco- crema, que no presenta sabor, ni olor.

2.2.2. Materiales

- Pipeta digital de 5 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 100 ml.
- Vasos de precipitación de 1000 ml, 500 ml y 50 ml.
- Fiolas de 100 ml, 50 ml y 25 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Placas petri medianas de diámetro 9 cm.
- Campana desecadora (Cap. 2 L aprox.).

- Bureta automática de 50 ml.
- Papel aluminio.
- Papel toalla.
- Guantes de Látex.
- Piseta de plástico de 500 ml.
- Pinzas de metal.
- Cernidor de plástico (1 mm aprox.).
- Hieleras forma de cubillos.
- Cuchillo de acero inoxidable
- Cuchara.
- Bolsas de polietileno con cierre 6 x 6 cm.
- Plumón permanente.

2.2.3. Equipos

- Liofilizador LABCONCO, modelo 7934042. Capacidad 6 L.
- Colorímetro triestímulo portátil (Kónica Minolta, modelo CR-400).
- Balanza analítica (ANO GH-200, capacidad 220 g, mínimo 0.001 g),
- Balanza de precisión (SATORIUS BASIC, mínimo 0.01 g)
- Extractor de jugo DURANATIONAL star, potencia 500 W.
- Cocina eléctrica FICHER, temperatura máxima de 600 ºC.
- Estufa (MEMMERT, Modelo ED080, 1,20 KW).
- Refrigeradora-Congeladora SAMSUNG, temperatura Refrigera: 3ºC y Congela: -25ºC.
- Termómetro digital (Barbecue High Thermometer, temperatura -50 a 300ºC).

2.2.4. Reactivos.

- Hidróxido de Sodio Sólido 99% (Marca Merck, N° CAS 130-73-2).
- Solución de Hidróxido de Sodio a 0.1 N
- 2.6-diclorofenol indo fenol (Marca Sigma, N° CAS C-2908).
- Ácido Gálico de grado analítico 99% (Marca Merck, N° CAS 149-91-7).
- Reactivo de Folin Cicalteu (Marca Suplenco, N° CAS 109001).
- Na_2CO_3 grado analítico 99% (Marca Suplenco, N° CAS 497-19-8).

2.3. Metodología experimental.

El flujo de operaciones para obtención de pulpa de camu camu liofilizada se desarrolló de acuerdo al esquema experimental de la Figura 5 y comprende:

- **Obtención de materia prima**

Los frutos de maracuyá (*Passiflora edulis)* son recolectados en su estado de madurez fisiológica, característico el color amarillo de su cáscara. Los frutos de camu camu (*Myrciaria dubia*) se recolectaron en un estado pintón-maduro, o maduro rojizo, con apariencia firme, color característico (50-75% color granate) Según las recomendaciones de Ramos, Garcia, Pinedo y Sousa (2002) y de Lazo (2015).

- **Selección y Clasificación**

Los frutos de maracuyá y camu camu se seleccionan y clasifican separando frutos en malas condiciones (golpeadas, aplastadas, secas) para luego ser llevados a un lavado.

- **Lavado**

Los frutos de maracuyá y camu camu se lavan con agua potable para eliminar residuos (polvo, tierra, lodo, etc.) para su desinfección se utilizó hipoclorito de sodio de concentración de 50 ppm recomendada (FAO, 1996).

- **Cortado y Pulpeado**

Los frutos de maracuyá fueron cortados por la mitad para retirar el endocarpio y semilla de la cascará, y luego se despulpa utilizando un colador, removiendo y prensando manualmente para extraer el jugo de maracuyá. En el caso del camu camu, previamente se inicia inactivando las enzimas a 98 °C por 2 min y luego dejarlo enfriar a temperatura ambiente, indicado por (García & Shapiama, 2010), para finalmente extraer el jugo mediante la utilización de una extractora de frutas/vegetales, donde se usó el camu camu entero (cáscara, pulpa y semilla).

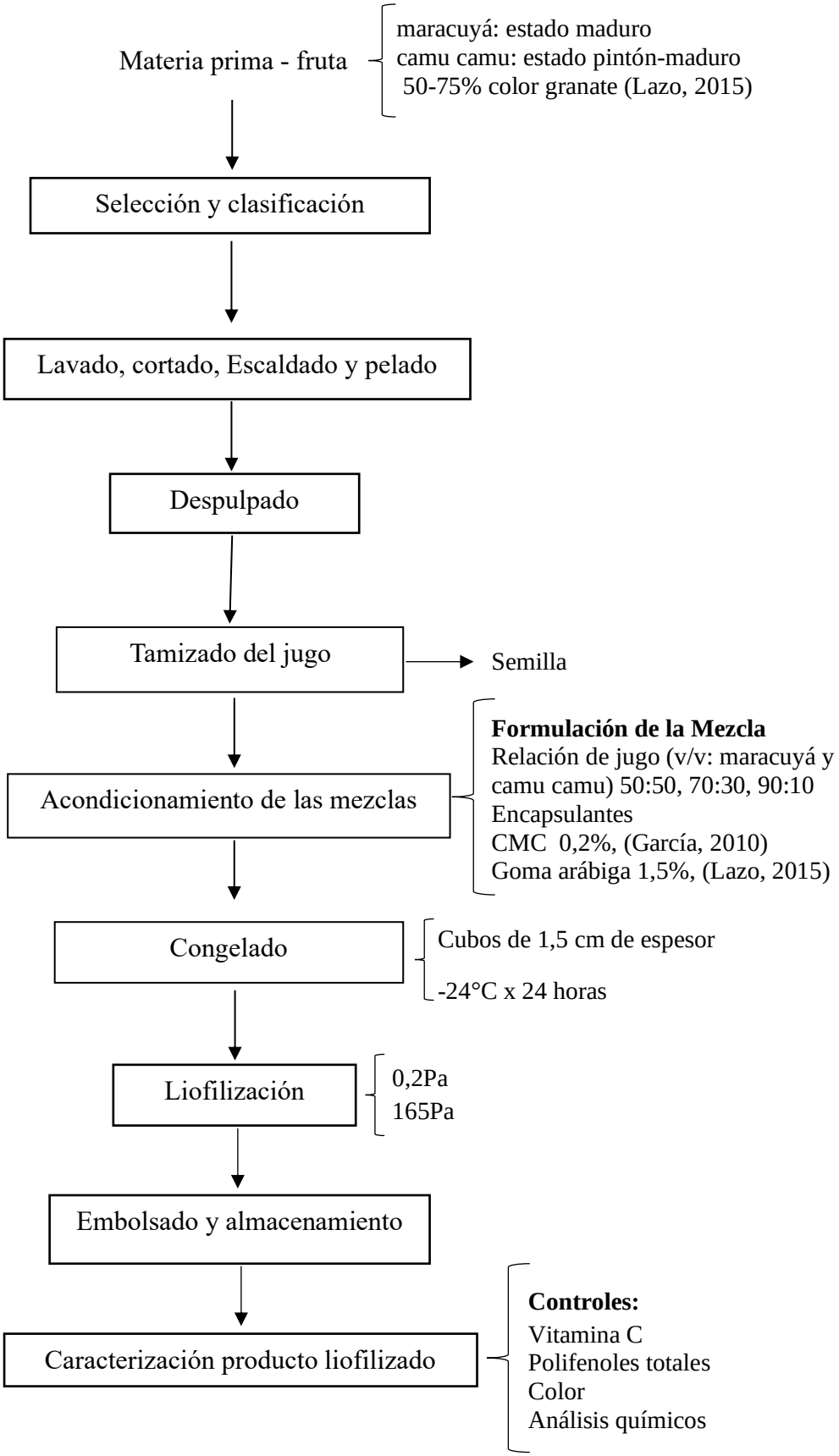


Figura 5. Diagrama de flujo para la mezcla liofilizada de maracuyá y camu camu.

- **Colado o filtrado (Tamizado del jugo).**

Para la obtención de pulpa sin residuos se empleó con un colador metálico (acero inoxidable) o plástico. Se realizaron mediciones de propiedades físico químicas (pH, °Brix, sólidos solubles) y la cuantificación del contenido de vitamina C, polifenoles totales en cada materia prima y en la mezcla de jugos (maracuyá/camu camu).

2.3.1. Formulación de extractos y encapsulante para el ensayo en el liofilizador

La mezcla de extractos según la formulación (Tabla 7), fue separada, en 6 lotes de cerca de 1 kg cada uno, que recibieron los siguientes aglomerantes: CMC al 0,2% (García, 2010) y Goma arábica al 1,5% (Lazo, 2015). La homogeneización se realizó en una licuadora doméstica, a baja velocidad, para minimizar la incorporación de aire.

Tabla 7

Formulación de jugos de maracuyá, camu camu y encapsulante

Jugos	**Formulación**					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Maracuyá	50	50	70	70	90	90
Camu camu	50	50	30	30	10	10
CMC (%)	0,2	---	0,2	---	0,2	---
Goma Arábica (%)	---	1,5	---	1,5	---	1,5

2.3.1.1. Acondicionado y liofilizado de las muestras

- **Acondicionamiento de la Muestras para el congelado**

La mezcla de jugos de acuerdo a la formulación de la Tabla 7, fue acondicionada en moldes de forma de cubo (Hieleras) de 1,5 cm espesor y colocadas en un congelador a -24°C, durante un tiempo de 24 horas.

- **Liofilizado**

Esta operación se realizó en un liofilizador LABCONCO, capacidad de 6 L, donde la presión de trabajo fue de 0,2Pa (la más baja) y la más alta 165Pa respectivamente en un periodo de tiempo de liofilización de 24 hr para las muestras y a -81°C de temperatura en el condensador del equipo liofilizador.

- **Envasado**

Una vez obtenido las muestras liofilizadas se envaso en bolsas de polietileno tipo ziploc (cierra fácil) y cubiertas con papel aluminio para evitar el efecto de la luz, y colocados en desecadores con silica gel para los análisis correspondientes.

2.3.1.2. Métodos de Control.

Caracterización del jugo de las frutas (maracuyá y camu camu).

Se utilizó 50 ml de jugo de maracuyá y de camu camu para realizar análisis de °Brix, Acidez, pH, humedad, color CIELab, vitamina C y polifenoles totales.

- **Determinación del color**

El procedimiento de medición de color en muestras frescas de maracuyá y de camu camu y en las mezclas de jugo de maracuyá/camu camu (formuladas en la tabla 7) se efectuaron a la misma hora y en ambiente acondicionado mediante un colorímetro triestímulo portátil, Minolta modelo CR-40, con iluminante D65 y un ángulo observador de 0°C, en contacto directo con las muestras.

El equipo emite una luz pulsante de xenón y las longitudes de onda emitidas por la muestra, son transcritas por el colorímetro a valores del espacio de color seleccionado, como L*= (-) luminosidad (+), a*= eje verde (-) a rojo (+) y b*= eje azul (-) a amarillo (+) (Minolta, 2002). El colorímetro ubicado en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial consta de un sistema CIELab el cual se calibra utilizando un patrón blanco.

- **Determinación del ácido ascórbico** (Anexo A)

Realizado por el método reportado por (Hung & Yen, 2002), se hizo reaccionar 100 µL de extracto acuoso, con 900 µL de 2,6 diclorofenolindofenol al 1%, registrándose la absorbancia a 515 nm, obteniéndose las cantidades de ácido ascórbico con la siguiente ecuación:

$$A_{515\ nm} = A_{control} - A_{muestra}$$

Donde la Absorbancia control es obtenida por la reacción de 100 µL de ácido oxálico al 0,4%, con 900 µL de 2,6 diclorofenolindofenol.

- **Método Determinación de Polifenoles totales**

Método Folin-Ciocalteu et al., (1927), reportado por (Sandoval, 2002). Consiste en dos etapas:

(1) Preparación del extracto hidroalcohólico

Se pesaron 3 g de muestra fresca, luego se enrasó a 30 ml de solución hidroalcohólica (50/50 v/v; agua: etanol) y se transfirió en frascos de color ámbar, se tapó herméticamente y se realizó una extracción asistida mediante ultrasonido por 50 minutos a 50ºC, se filtró, se almacenó a -18°C, en frascos de color ámbar.

(2) Determinación de polifenoles totales por espectrometría

a. Determinación de la curva estándar

Se preparó una solución de 100 mg/ml de ácido gálico a una concentración de 2 mg/ml, a partir de ello se prepararon diluciones con concentraciones de: 9/1; 8/2; 7/3; 6/5; 5/5; 4/6; 3/7; 2/8, cada dilución se preparó por triplicado. Primero se agregó a cada tubo 1580 µL de agua desionizada, 20 µL de muestra control y estándares (ácido gálico), para el control se adicionó 20 ml de agua des ionizada; se homogenizó ligeramente, luego se agregó 100 µL de solución de fenol Folin Ciocalteu, se incubó por 1 minuto a temperatura ambiente; se neutralizó la reacción agregando 300 µL de Na_2CO_3 al 20% y finalmente se incubó por 2 horas a temperatura ambiente y en oscuridad, transcurrido ese tiempo se realizó la lectura

en espectrofotómetro UV/VIS a 720 nm; con los resultados que se obtuvieron se determinó el gráfico de la concentración respecto a su absorbancia.

b. Cuantificación de polifenoles totales

Considerando el extracto hidroalcohólico 100 mg/ml (filtrado y centrifugado 6000 rpm/20 min a 4ºC), se realizó la dilución del extracto de acuerdo a la concentración encontrada, con 3 repeticiones por tratamiento, se adicionaron en los tubos de ensayos para cada tratamiento 1580 µL de agua desionizada, 20 µL de extracto diluido, 100 µL de fenol Folin Ciocalteu y finalmente 300 µL de Na_2CO_3 al 20% y se incubaron por 2 horas a temperatura ambiente y oscuridad, luego se realizó la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 720 nm.

Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación de la curva estándar (Anexo A) y expresadas en equivalente de ácido gálico (mgAG/ml).

Control del producto liofilizado

Se realizaron los análisis con la mezcla de jugos liofilizados para determinar:

- Ácido ascórbico. reportado por Hung y Yen (2002).
- Polifenoles totales. Método Folin-ciocalteu et al., (1927) reportado por (Sandoval, 2002).
- Color CIElab (Minolta, 2002).
- Análisis proximal (A.O.A.C, 2005): Humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos; esta determinación se realizó en el mejor tratamiento del producto liofilizado.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización físico química de Maracuyá (*Passiflora edulis*) y Camú camu (*Myrciaria dubia*).

En la Tabla 8, se expresan los resultados del análisis fisicoquímico del jugo de maracuyá en su estado madurez fisiológica, presenta acidez de 1,28% de ácido cítrico, 3,1 pH, 15 °Brix y 87,8% de humedad; resultados similares son reportados por (Forero y Vélez, 2013), con sólidos solubles de 15.29 °Brix, 3,97 pH y 85,5% de humedad.

Mientras en el jugo de camu camu (cáscara, pulpa y semillas) presenta acidez 2,48% de ácido cítrico, 2,84 pH, 6 °Brix y 92,8% de humedad; estos resultados se encuentran cercanos a los valores reportados por Rojas y Alegría (2005), quienes obtuvieron sólidos solubles de 6 °Brix, 2,68 pH, 93,11% de humedad y acidez 2,63% de ácido cítrico ; así mismo los valores reportados por Lazo (2015) fueron cercanos a los mencionados en la Tabla 8, los cuales fueron 2,48% de ácido cítrico, 2,80 pH, 5,4°Brix y 93,2% de humedad. Caisahuana (2012) reporta para camu camu en estado maduro procedente de Mazamari (Junín) contiene 6 °Brix, 3,35 pH y 4.38% acidez total y hace referencia a la NTP 011.031:2007 sobre los parámetros de pulpa de camu camu (sin especificar estado de madurez) tiene (5-6,5) °Brix, (2,3-3) pH y (2,3-4,3) % de acidez total. Salgado et al., (2012) obtuvieron (4,46; 4,98; 5,81) °Brix, (2,3; 2,5; 2,6) pH y (89,6; 87,2; 88,4) % de humedad respectivamente.

Además la concentración de sólidos solubles en los frutos se debe al transporte de azúcar desde las hojas y sitios de reserva, por tal motivo la pulpa contiene glucosa y fructuosa (Rojas, 2002) y un ligero incremento de sólidos solubles sugiere un aumento en la proporción de azúcares reductores (Núñez, 2008).

Por otro lado, el índice de madurez (relación °Brix/Acidez), que mide la madurez fisiológica de frutas fue de 11,4 ± 0,42 y 2,44 ± 0,03 ($p<0.05$), para el maracuyá y camu camu respectivamente. En la figura 6, se muestra los resultados del

índice de madurez para el fruto maracuyá y camu camu, utilizados como materia prima para el presente estudio.

Tabla 8

Características físico químicas del jugo de maracuyá y camu camu (n=3)

Análisis fisicoquímicos	Maracuyá	Camú camu
Humedad (%)	87,80 ± 1,001	92,80 ± 0,569
Sólidos Solubles (° Brix)	15,00 ± 0,710	6,00 ± 0,00
pH	3,10 ± 0,200	2,84 ± 0,036
Acidez (% Ácido Cítrico)	1,28 ± 0,014	2,48 ± 0,035
Índice de madurez	11,41 ± 0,420	2,44 ± 0,030

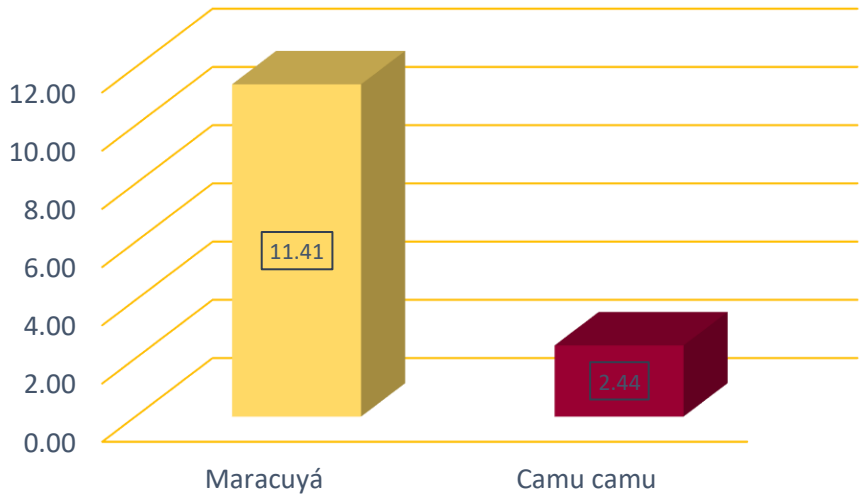


Figura 6. Índice de madurez del jugo de maracuyá y camu camu.

3.2. Pruebas experimentales del Liofilizado de la mezcla de jugos de maracuyá y camu camu.

3.2.1. Formulación

En la tabla 9, se visualiza las propiedades fisicoquímicas (°Brix y pH), color y propiedades funcionales (polifenoles totales y vitamina C) del jugo de maracuyá en su estado maduro, jugo de camu camu en su estado maduro y las combinaciones o formulación de mezcla de jugo; el pH y °Brix de ambas frutas.

Para las propiedades funcionales en jugo de maracuyá el contenido de polifenoles es de 74,61 mgAG/ml y vitamina C de 24,55 mgAA/ml; concuerda con (Amaya, 2009) respecto al contenido de ácido ascórbico que varía de 17 a 35 mgAA/100g, Mamani y Quiroz, (2017), reportan 34,36 mgAA/ml en el jugo de maracuyá; en cambio para polifenoles totales está por debajo de los valores reportados por (Huamancondor y Olivos, 2013), quien obtuvo 90,138 mgAA/ml y 26,44 mgAA/ml; a diferencia de (Becker et al., 2015), reportan 18 mgAA/l00g en maracuyá de cultivo convencional y menciona que los niveles de vitamina C en las frutas están sujetos a una amplia variedad de factores ambientales. Los compuestos fenólicos tienen un rol fundamental en la salud; ya que disminuyen el riesgo de enfermedades crónicas, tales como la enfermedad cardiovascular y cáncer (Boyer y Lui, 2004).

En el jugo de camu camu se encontró 622,88 mgAG/ml de polifenoles totales y 2714,10 mgAA/ml en vitamina C; lo cual corrobora, que los componentes fenólicos se localizan principalmente en la cáscara más que en la pulpa (Ojeda, 2007), en este caso la extracción del jugo se realizó tomando la fruta entera, lo que explicaría el mayor contenido de polifenoles totales al reportado por (Caisahuana, 2012), quien obtuvo 480,53 mgAG/ml y 3129,52 mgAA/ml (Vitamina C). Otras investigaciones (Justi, Visentainer, Souza, & Matsushita, 2000) y (Reyes et al., 2009), reportan una variabilidad de valores para pulpa, cáscara y semilla entre 1400 a 2780 mgAA/ml, estas diferencias estarían relacionadas al lugar de producción del camu camu, factores ambientales (presión atmosférica, temperatura ambiental, altitud), tal como mencionan (Zapata, Gerard, Davies, & Schvab, 2007) que los factores atmosféricos y medio ambientales pueden producir cambios en la composición fisicoquímica del fruto.

En la mezcla de jugo de maracuyá/camu camu hay adición que favorece el incremento de sólidos solubles alcanzando 14,1 °Brix en la relación (90/10: maracuyá/camu camu); siendo la relación 50/50 (maracuyá/camu camu) que equilibra el contenido de polifenoles totales (477,75 mgAG/ml) y vitamina C (1425,00 mgAA/ml), con respecto a las demás concentraciones (70/30, 90/10) la mayor concentración de jugo de maracuyá en la mezcla incrementa el grado °Brix, pero reduce el contenido de polifenoles totales y vitamina C. Sin embargo, un análisis de proporción observado para el contenido de ácido ascórbico en la mezcla (90/10) podría evidenciar una sinergia, por reacciones bioquímicas de polifenoles totales y vitamina C no explicadas; al respecto Cortez, Faicán, Pirovani y Piagentini (2018) explica que la vitamina C (AA), reacciona rápidamente en condiciones ácidas (pH = 3) y la medición espectrofotométrica mide la absorbancia de todos los compuestos provenientes de la reacción con los fenoles como los formados por reacción de AA y DHA (ácido dehidroascórbico) en frutas con vitamina C incorporadas.

Tabla 9

Propiedades físico químicos, funcionales y color en la formulación de jugos maracuyá y camu camu (n=3)

Fresco	**Propiedades físicas**		**Propiedades funcionales**		**Color CIELab**		
	°Brix	**pH**	**Polifenoles Totales (mg AG/ml)**	**Vitamina C (mgAA/ml)**	**L**	***a**	***b**
Jugo Maracuyá	15	3,10	74,61	24,55	12,39	0,44	4,62
Jugo Camu-camu	6	2,84	622,88	2714,10	13,23	10,35	2,18
50/50	10,5	2,97	477,75	1425,00	12,73	4,53	4,72
70/30	12,3	3,02	230,49	1100,00	13,53	2,68	5,28
90/10	14,1	3,07	128,36	779,49	16,06	1,77	7,58

Leyenda

L: Luminosidad de la muestra

***a:** Zona de variación entre el color rojo y el verde

***b:** Zona de variación entre el color amarillo y el azul

Referente al color los valores de L*, a* y b* (Tabla 9) en jugo fresco y de las mezclas hay ligera variación en cuanto al color original, ya que para el parámetro L*, que representa la luminosidad (variación color negro y blanco; siendo 0 el color negro y 100 el color blanco) en jugo fresco de maracuyá y camu camu se encuentra en rango (12 y 13) considerándose de color oscuro y las mezclas de jugos v/v (50/50, 70/30 y 90/10) alcanzan un ligero cambio de luminosidad de la mixtura, obteniéndose valores entre 12 a 16.

Asimismo, los valores de cromaticidad (a*) que representan la variación de color verde y rojo (el color verde se encuentra por debajo de 0 y el rojo por encima de 0) se obtiene en el jugo de maracuyá un valor de 0,44; mientras el jugo de camu camu un valor de 10,35 (una coloración con saturación roja), los valores de a* para la de mezcla jugos v/v (50/50, 70/30, 90/10) fueron más bajos comparados con el jugo de camu camu alcanzando valores entre 1,7 a 4,5 la cual tiene ligera coloración roja.

Los valores de b* en cambio, muestran la variación del color entre el azul y amarillo (Valores Negativos hasta 0 corresponden a color Azul, valores positivos por encima del 0 corresponden a color Amarillo), el jugo de maracuyá alcanza un valor de 4,62 y en el jugo de camu camu un valor de 2,18; lo que corresponde a una coloración amarilla en el maracuyá y en el jugo de camu camu una coloración rosada; en cambio en la mezcla de jugos v/v (50/50, 70/30, 90/10) se incrementan el tono hacia el amarillo como respuesta a la adición de jugo de maracuyá alcanzando valores de 4,72 a 7,58.

3.2.2. Efecto de presión y encapsulante durante el secado por liofilización de la mezcla maracuyá/camu camu

Se visualizan las 3 fases del proceso de liofilizado de la mezcla de jugo (v/v) maracuyá/camu camu (Figuras. 7, 8, 9). En la Figura 7, durante el inicio del proceso de liofilización, la muestra congelada con encapsulante CMC y Goma arábiga, descongela con mayor rapidez la muestra de goma arábiga (afectado por la temperatura ambiental ±28°C) durante el periodo de espera hasta que la bomba de vacío del liofilizador equilibre la presión de trabajo propuesta cuya duración varía entre 3 a 5 minutos.

Durante las 2 primeras horas (Figura 8) la muestra congelada para ambos encapsulantes presenta burbujas tipo espuma, con mayor formación en Goma arábiga debido a pérdida de estructura afectadas por la temperatura inicial o tiempo de espera y posiblemente al incremento de azúcares reductores por adición de maracuyá (mayor sólidos solubles en la mezcla), lo que implica pérdida (%) de los metabolitos funcionales que están ligados a los azúcares en la muestra, la que se evidencia mayor formación de espuma a presión de 165Pa en ambos encapsulante (goma arábiga y CMC).

En el periodo final del secado por liofilización (Figura 9) se observa el producto seco, pero con diferencias en el formato inicial congelado (forma, dimensionamiento y tamaño) obteniendo una ligera deformación del producto liofilizado con el encapsulante Goma arábiga. A comparación con el encapsulante CMC se observa que mantiene su formato original después del secado, pero tanto las muestras con CMC y Goma arábiga son altamente sensibles a la humedad ambiental, temperatura, etc.

En el proceso de secado mediante liofilización, en la Tabla 10, se presenta el efecto de la presión y el encapsulante en las propiedades funcionales (polifenoles totales, vitamina C) y color CIELab del producto, observando menor pérdida de las propiedades funcionales a la presión de 0,2Pa con respecto a la presión de 165Pa.

En la figura 11 se compara los valores de polifenoles totales de jugo fresco y las mezcla de jugos v/v (50/50, 70/30 y 90/10) de maracuyá/camu camu respectivamente, en las condiciones de presión de liofilizado y porcentaje de encapsulante utilizado, lo que demuestra que la relación v/v 50/50 usando CMC como encapsulante a 0,2Pa de presión el contenido de polifenoles totales (534,94 mgAG/ml) supera a la muestra fresca que contiene 477,75 mgAG/ml; se puede inferir que en este caso los polifenoles totales en el producto liofilizado tienen efecto de sinergia, superando al encapsulante goma arábica tanto a 0,2Pa y 165Pa de presión, sin embargo en la mezcla v/v 70/30 la mayor cantidad de polifenoles totales se visualiza con el encapsulante goma arábiga (1,5%) que alcanza un valor máximo de 343,37 mgAG/ml a una presión de 0,2Pa. En cambio en la mezcla 90/10 se confirma el efecto contrario que ejerce la presión (hay pérdidas) de polifenoles totales durante el liofilizado tanto para la goma arábiga (1,5%) y CMC (0,2%) no superan a la muestra en fresco que contiene 128 mgAG/ml. Comparando los jugos en disolución y los jugos liofilizados, la presión del proceso de

los mismos ocasionó ligeras pérdidas de compuestos fenólicos, concretamente en las mezclas v/v 50/50 y v/v 70/30 para el encapsulante CMC y Goma arábiga, resultando estadísticamente significativa ($p<0,05$) pero en la mezcla v/v 90/10 con CMC y Goma arábiga fueron estadísticamente no significativas $p<0,05$) (Anexo B). Algunos estudios muestran que procesos de deshidratación a altas temperaturas y largos tiempos, pueden destruir algunos compuestos fenólicos (Li, Smith, & Hossain, 2006).

Similar comportamiento se visualiza en la figura 12 para el contenido de vitamina C, pero la comparación de los jugos en disolución y jugos secos (liofilizado) las ligeras pérdidas por la presión del proceso y el encapsulante estadísticamente no fueron significativas ($p<0,05$) (Anexo C), confirmando la mejor eficacia del CMC en la mezcla v/v 50/50 a 0,2Pa de presión de trabajo; o sea, la adición de CMC en concentraciones de 0,2%, resulto un producto en polvo con mayor contenido en vitamina C, con respecto a la adición de Goma arábiga en ambas presiones (0,2Pa y 165Pa).

Las pérdidas de 23,9% con encapsulante CMC y 26,9% con Goma arábiga durante el proceso de liofilización, explican la inestabilidad de la vitamina C a la luz y la temperatura (expuestas al momento de poner las muestras a congelar o al afecto de la temperatura ambiental ±28°C durante el periodo de espera en el proceso de liofilización hasta que la bomba de vació del liofilizador equilibre la presión de trabajo), o por aumento de porosidad del polvo liofilizado haciendo más sensible al oxígeno, lo que degrada fácilmente (Klimczak, Malecka, Szlachta, & Gliszyñska, 2007); por otra parte la presencia de Goma arábiga y CMC resulta eficaz para la encapsulación, con una alta solubilidad en agua, baja viscosidad y capacidad para formar película protectora (Cano, Stringheta, Ramos, & Cal, 2005) y (Valle et al., 2008), además de poseer propiedades humectantes y antiapelmazantes (Krishnan, Kshirsagar, & Singhal, 2005) y una gran capacidad de retención de sustancias volátiles y protege de la oxidación (Gabas, Telis, Sobral, & Telis, 2007) Otros estudios con agentes encapsulantes como la maltodextrina, goma arábiga, almidón modificado, pectina, etc., actúan como barrera física al oxígeno y a luz, protegiendo de la degradación química y enzimática (Wang, Lu, LV, & Bie, 2009).

Referido al contenido de humedad en el producto liofilizado se logró obtener valores ente 6,03% a 8,06% (Anexo D); al respecto se han reportado valores de humedad en productos deshidratados del género *Capsicum sp* entre 4,56% a 11% (Gonzáles, Espinoza, Cañizares, & Méndez, 2008); Toontom, Meenune, Posri y Lertsiri (2012), citado por (Caballero, Márquez, & Betancur, 2017); en cáscara de mango liofilizado se presentaron estable menor a 7% de humedad (Serna, Torres, & Ayala, 2015) Sin embargo difiere con los reportes de camu camu en pulpa liofilizado obteniendo entre 4,34% a 5,20% (Sotomayor, 2000) y comparado con resultados de esta investigación el mayor contenido de humedad encontrada estaría asociado a la presencia de azucares reductores que adiciona el jugo de maracuyá.

Respecto al color CIELab se presenta en las figuras 13, 14, 15, donde se observan incrementos en el valor de luminosidad (L), *a y *b al adicionar el encapsulante CMC y Goma arábiga en la mezcla de jugos liofilizados v/v (50/50, 70/30 y 90/10), sin embargo los valores *a y *b difieren con la presión del proceso, estadísticamente significativa ($p<0,05$), debido la presencia de mayor contenido de jugo de maracuyá en la mezcla; en cambio el valor *a y de la luminosidad (L) difieren con el encapsulante resultando estadísticamente significativa ($p<0,05$) (Anexo E). No obstante, en todos los casos se mantiene el tono rosado-anaranjado característico.

- **Primera fase.**

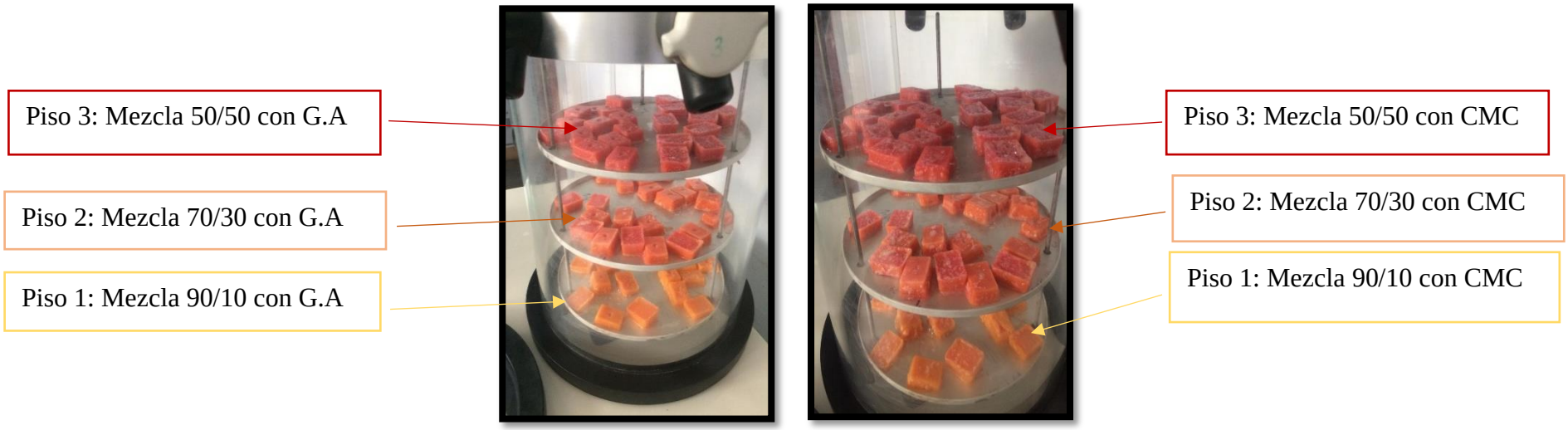


Figura 7. Primera fase de liofilización a 0,2Pa (Posición de carga).

- **Segunda Fase.**

Figura 8. Segunda fase de liofilización a 0,2Pa (Posición de carga).

- **Tercera Fase.**

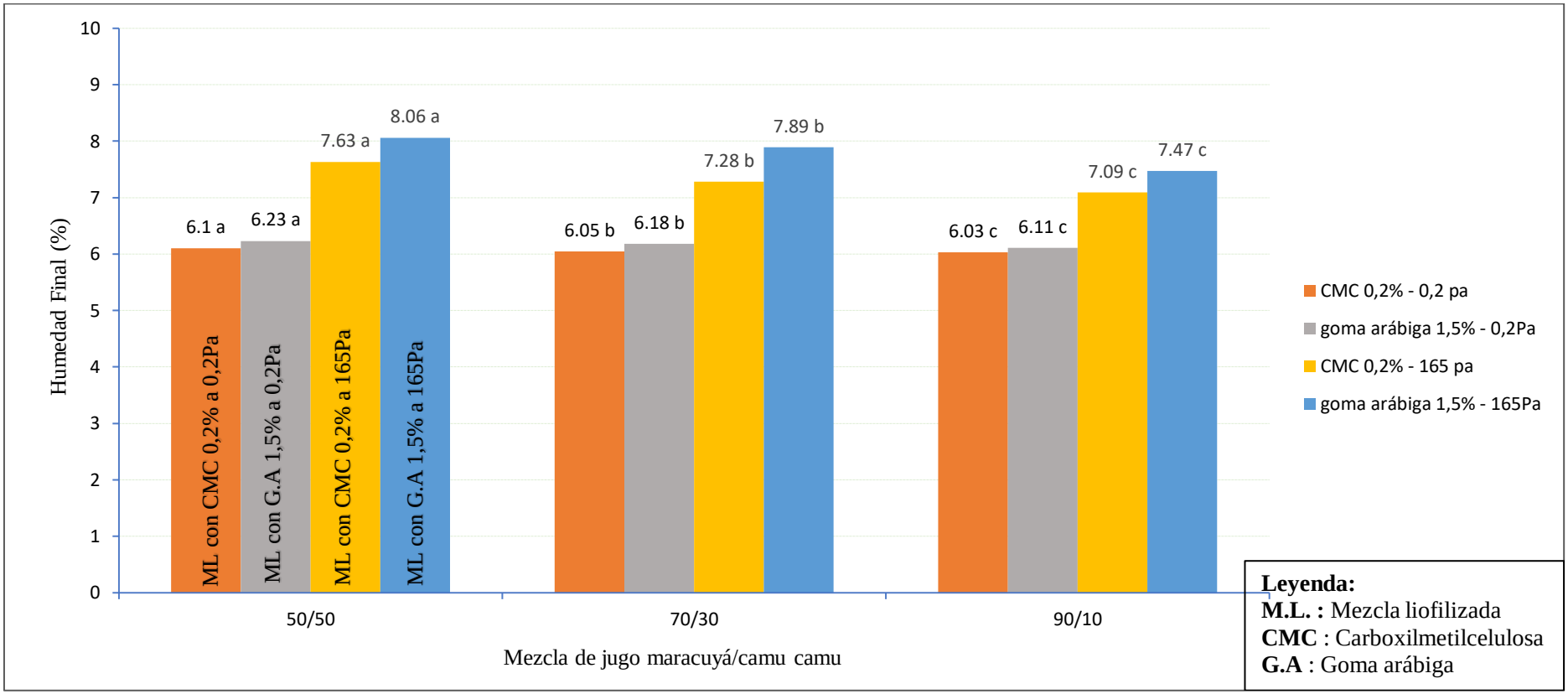
Figura 9. Tercera fase de liofilización a 0,2Pa (Posición de carga).

Tabla 10

Efecto de la presión y el encapsulante en las propiedades funcionales del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado

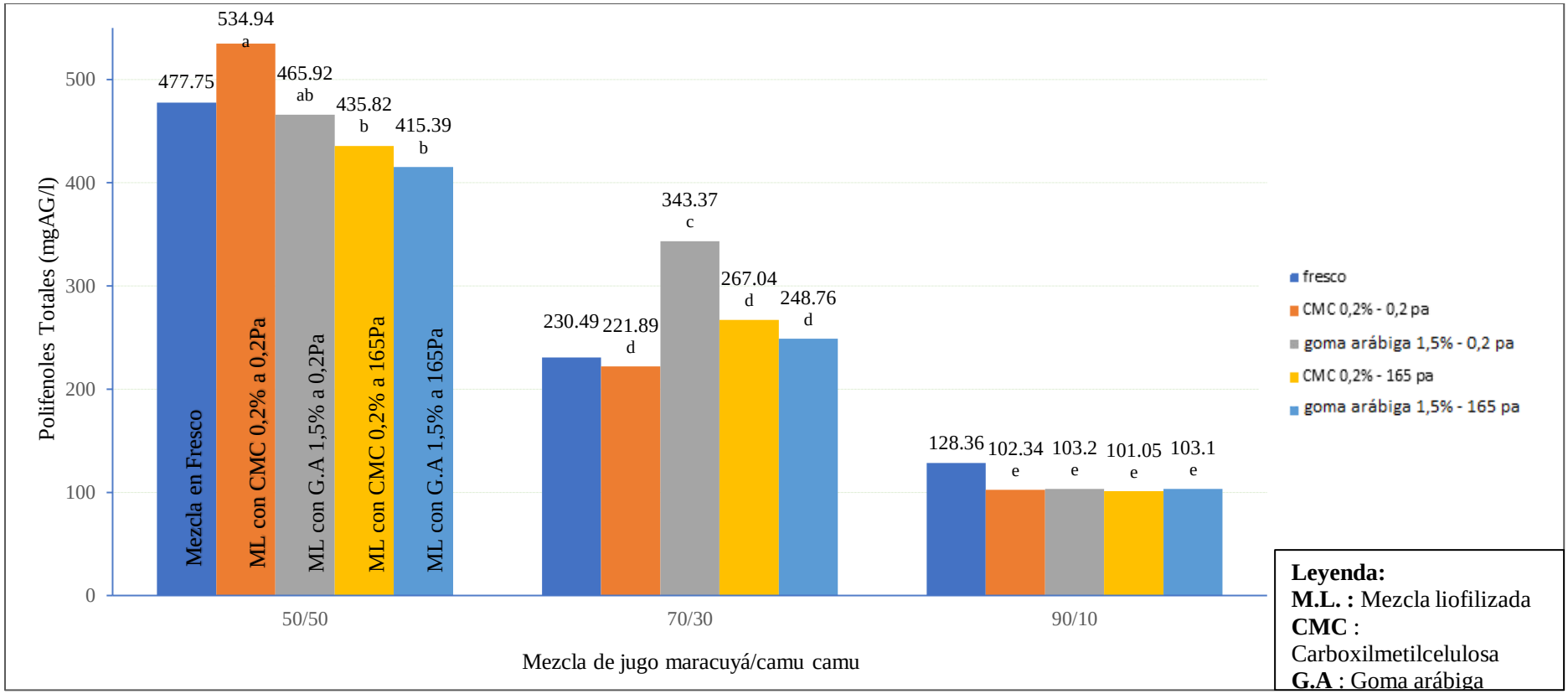
Tratamiento	Encapsulante		Liofilizado	Humedad * (%)		Vitamina C * (mgAA/ml)	Polifenoles totales * (mgAG/ml)	Color CIELab *		
(maracuyá/camu camu)	CMC (%)	Goma Arábiga (%)	Presión (Pa)	Inicial	Final			L	*a	*b
T1= 50/50	0,2	-	0,2	90,3	6,10	1016,03	534,94	16,03	8,31	7,66
T2 = 70/30	0,2	-	0,2	89,3	6,05	802,56	221,89	20,24	8,62	10,39
T3 = 90/10	0,2	-	0,2	88,3	6,03	654,49	102,34	20,14	7,09	11,44
T4 = 50/50	-	1,5	0.2	90,3	6,23	989,74	465,92	16,02	8,27	7,63
T5 = 70/30	-	1.5	0,2	89,3	6,18	774,36	343,37	20,15	8,50	10,35
T6 = 90/10	-	1,5	0,2	88,3	6,11	619,87	103,20	19,98	7,25	11,47
T7 = 50/50	0,2	-	165	90,5	7,63	703,21	435,82	15,95	8,14	7,69
T8 = 70/30	0.2	-	165	89,3	7,28	651,28	267,04	20,19	8,52	10,37
T9 = 90/10	0,2	-	165	88,3	7,09	566,03	101,05	19,91	7,23	11,41
T10 = 50/50	-	1,5	165	90,3	8,06	675,00	415,39	15,93	8,15	7,67
T11 = 70/30	-	1.5	165	89,3	7,89	625,00	248,76	20,17	8,63	10,35
T12 = 90/10	-	1,5	165	88,3	7,47	574,36	103,10	19,94	7,25	11,45

(*) Promedio de 3 repeticiones.



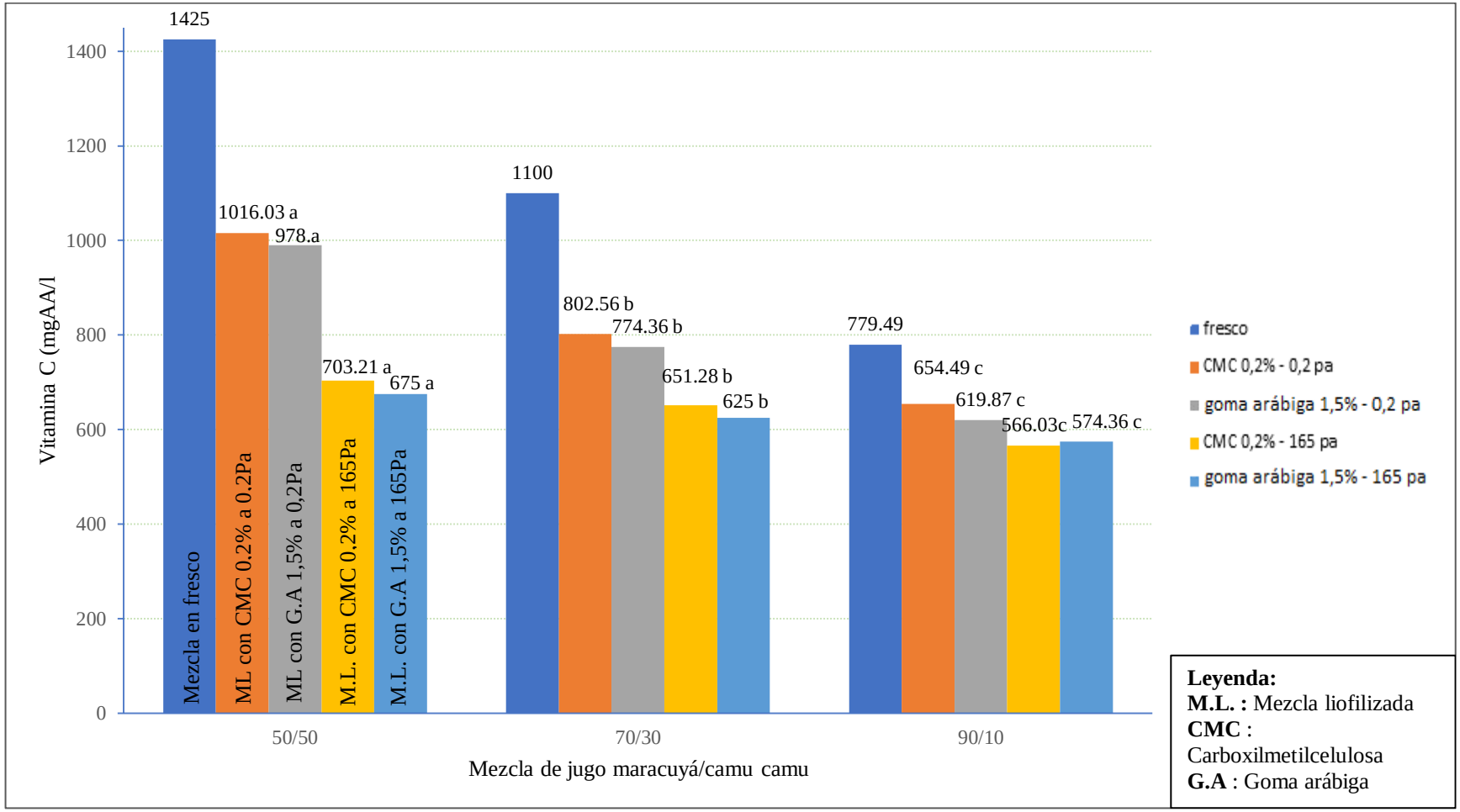
. Letras iguales en los valores de la figura indican diferencia estadísticamente no significativa para ($p<0,05$).

Figura 10. Efecto de la presión y el encapsulante en la humedad final (%) del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado.



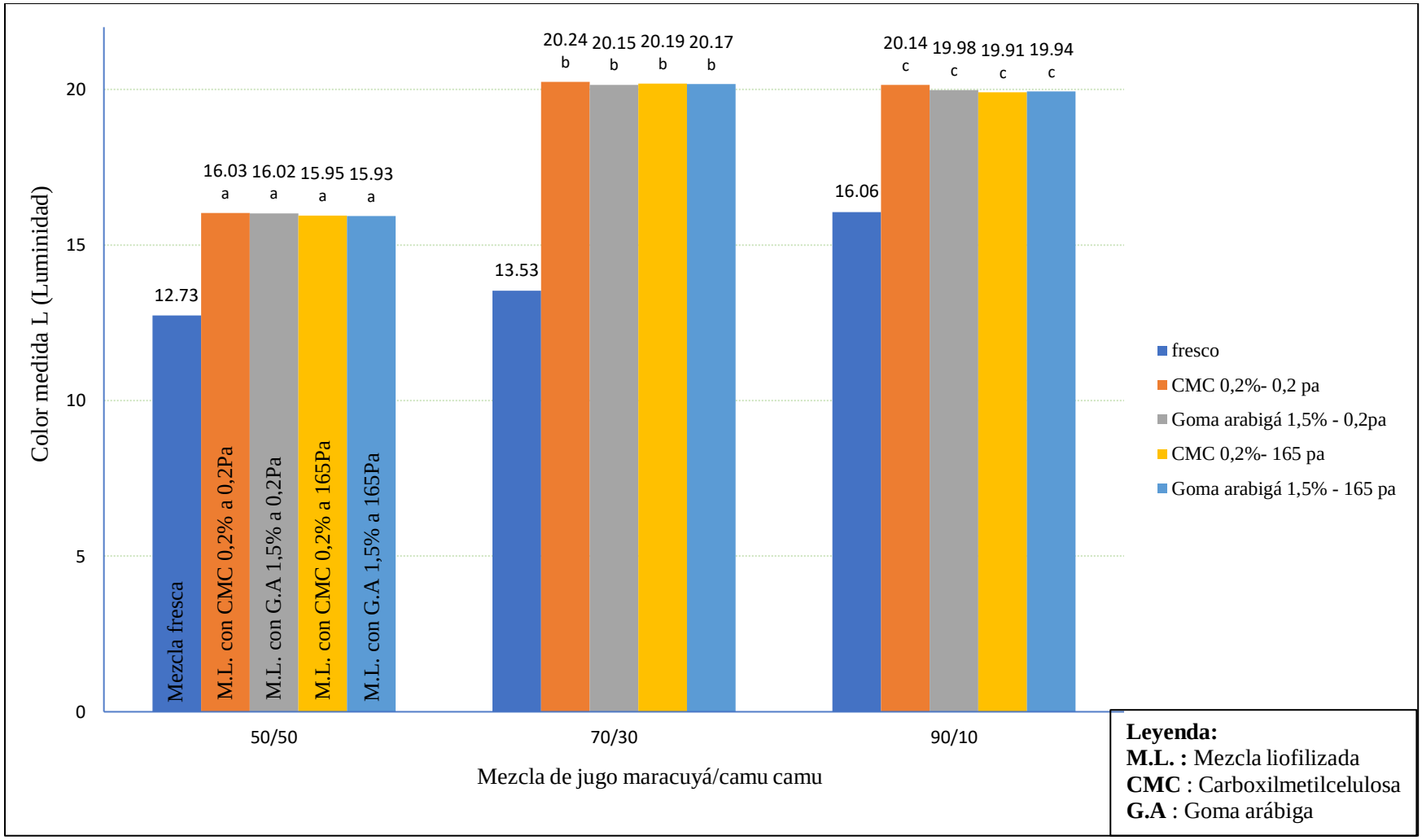
. Letras iguales en los valores de la figura indican diferencia estadísticamente no significativa para ($p<0,05$).

Figura 11. Efecto de la presión y el encapsulante en el contenido de polifenoles totales del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado.



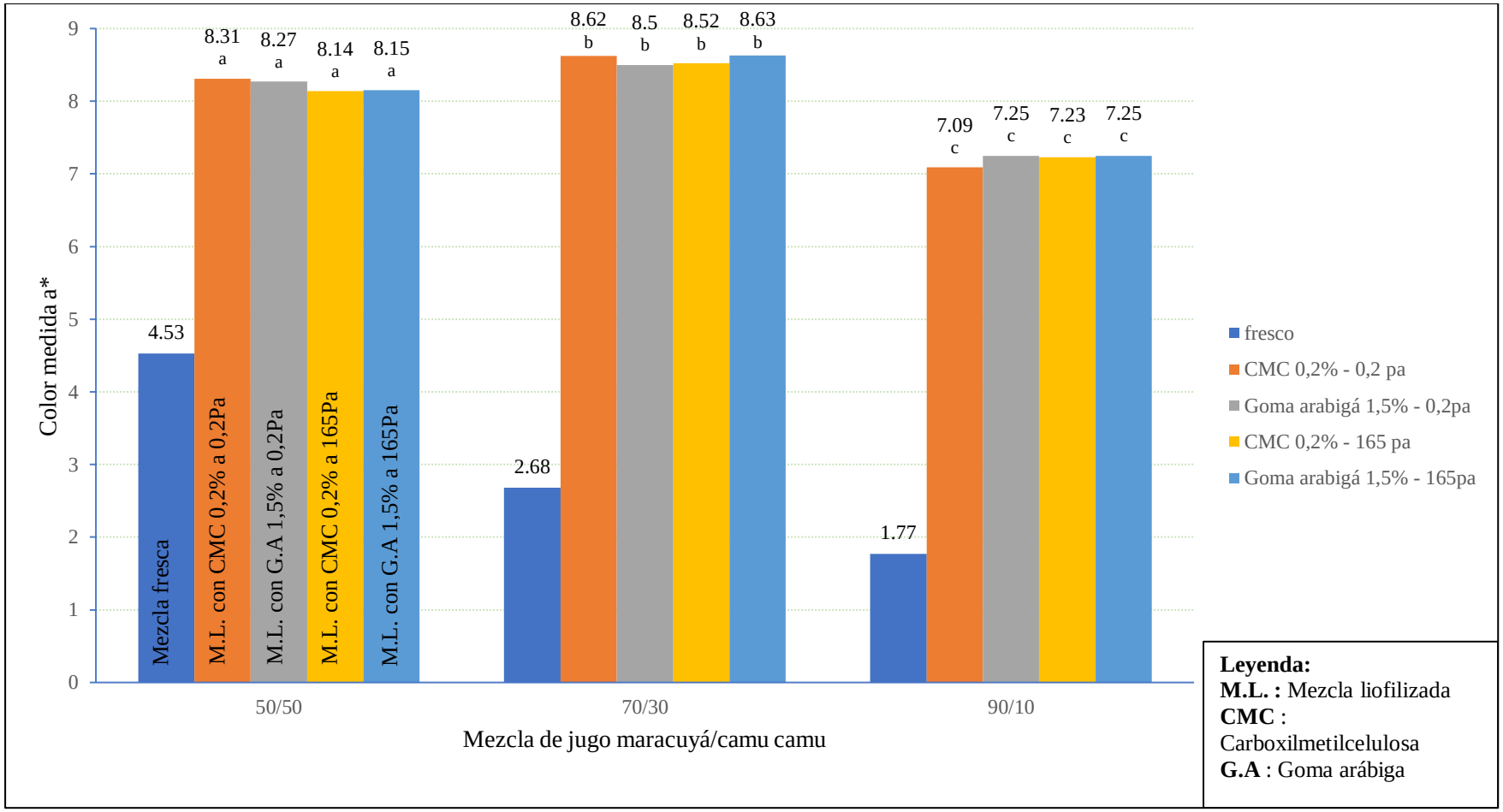
. Letras iguales en los valores de la figura indican diferencia estadísticamente no significativa para ($p<0,05$).

Figura 12. Efecto de la presión y el encapsulante en el contenido de vitamina C del maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado.



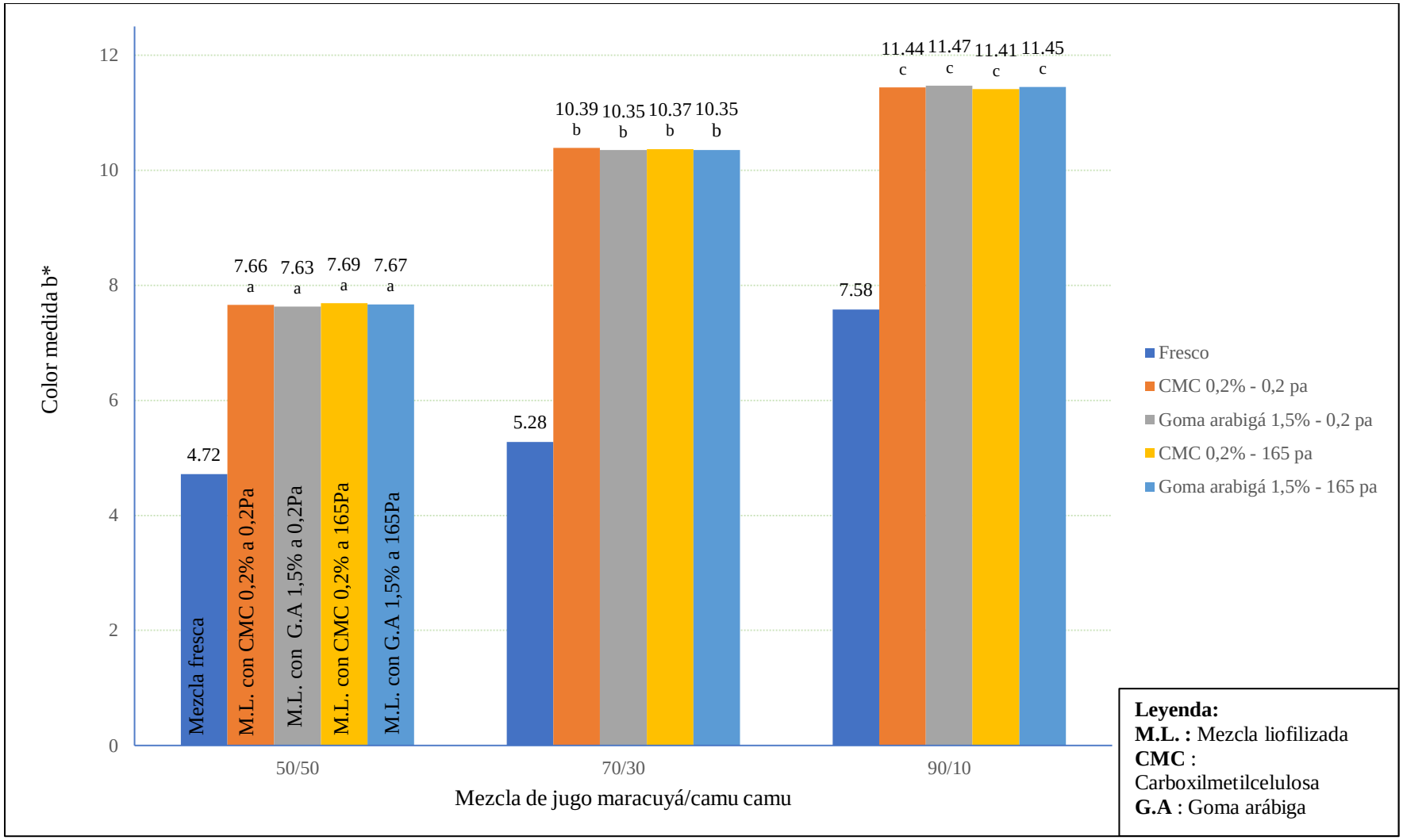
. Letras iguales en los valores de la figura indican diferencia estadísticamente no significativa para ($p<0,05$).

Figura 13. Efecto de la presión y el encapsulante en la Luminosidad de maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado.



. Letras iguales en los valores de la figura indican diferencia estadísticamente no significativa para ($p<0,05$).

Figura 14. Efecto de la presión y el encapsulante en el color (*a) de maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado.



. Letras iguales en los valores de la figura indican diferencia estadísticamente no significativa para ($p<0,05$).

Figura 15. Efecto de la presión y el encapsulante en el color (*b) de maracuyá/camu camu a condiciones de liofilizado.

En la Tabla 11, se presenta el peso (g) durante el secado de jugo de maracuyá-camu camu en la mejor relación de mezcla (50/50) para el encapsulante CMC a la presión de 0,2Pa y 165Pa con lo cual se construye la figura 16; en este se visualiza que la pérdida de peso es mayor cuando se trabaja a 0,2Pa con respecto a la presión de 165Pa con el encapsulante CMC durante los tiempos 0 a 16 horas; pero luego encontrándose constantemente iguales en pérdida de peso desde el tiempo restante 17 a 24 horas durante el liofilizado.

Así mismo en la tabla 12, se presenta el peso (g) durante el secado de jugo de maracuyá-camu camu en la mejor relación de mezcla (50/50) para el encapsulante goma arábiga a la presión de 0,2Pa y 165Pa, con lo cual se construye la figura 17; donde se visualiza la pérdida de peso, mayor a presión de 0,2Pa con respecto a 165Pa, durante el tiempo de tiempo 0 a 12 horas, luego entre 13 a 24 horas las pérdidas de peso para las dos presiones se igualan.

Esto demuestra que las condiciones de secado durante la primera fase (desecación primaria) con formación de espuma en los primeros minutos en las muestras con encapasulante goma arábiga sea más corta, por tanto, en la fase de desorción dificulta la eliminación de agua por una posible encostramiento de la superficie alcanzando humedad final entre 7 a 8%.

Tabla 11

Datos de peso en gramos del proceso de secado por liofilizado de jugo de maracuyá/camu camu v/v. 50/50 con CMC a Presiones de 0,2Pa y 165Pa.

Tiempo (h)	Factores		Liofilizado	Factores		Liofilizado
	Presión (Pa)	Temperatura (°C)	maracuyá/camu camu (50/50) con 0,2% de CMC (g)	Presión (Pa)	Temperatura (°C)	maracuyá/camu camu (50/50) con 0,2% de CMC (g)
0	0,2	-24	101,00	165	-24	101,00
1	0,2	-21	93,20	165	-22	97,20
2	0,2	-18	84,00	165	-19	92,00
3	0.2	-14	75,00	165	-17	85,00
4	0,2	-10	67,40	165	-15	76,00
5	0,2	-8	58,20	165	-13	63,00
6	0,2	-6	50,10	165	-10	52,70
7	0,2	-4	42,50	165	-7	50,90
8	0,2	-2	35,80	165	-3	43,00
9	0.2	-1	29,30	165	0	36,00
10	0,2	0	25,00	165	1	29,50
11	0,2	1	20,80	165	2	27,10
12	0,2	3	18,40	165	3	24,60
13	0,2	5	16,80	165	5	21,30
14	0,2	8	15,70	165	6	19,18
15	0.2	11	15,20	165	8	16,80
16	0,2	14	15,00	165	11	14,60
17	0,2	18	14,80	165	14	14,80
18	0,2	20	14,60	165	17	14,60
19	0,2	21	14,40	165	21	14,40
20	0,2	23	14,20	165	24	14,20
21	0.2	25	14,00	165	25	14,00
22	0,2	26	13,80	165	26	13,80
23	0,2	27	13,60	165	27	13,60
24	0,2	28	13,50	165	28	13,50

Tabla 12

Datos de peso en gramos del proceso de secado por liofilizado de jugo de maracuyá/camu camu v/v. 50/50 con Goma Arábiga (G.A) a Presiones de 0,2Pa y 165Pa.

	Factores		Liofilizado	Factores		Liofilizado
Tiempo (h)	**Presión (Pa)**	**Temperatura (°C)**	**maracuyá/camu camu (50/50) con 1,5% de G.A (g)**	**Presión (Pa)**	**Temperatura (°C)**	**maracuyá/camu camu (50/50) con 1,5% de G.A (g)**
0	0,2	-24	108,40	165	-24	109,40
1	0,2	-21	100,10	165	-22	106,00
2	0,2	-18	89,00	165	-19	100,00
3	0.2	-14	80,30	165	-17	90,70
4	0,2	-10	72,50	165	-15	82,50
5	0,2	-8	67,00	165	-13	74,10
6	0,2	-6	57,30	165	-10	67,50
7	0,2	-4	51,40	165	-7	62,40
8	0,2	-2	46,10	165	-3	56,10
9	0.2	-1	36,50	165	0	42,50
10	0,2	0	28,90	165	1	38,20
11	0,2	1	25,00	165	2	26,40
12	0,2	3	21,30	165	3	21,30
13	0,2	5	19,70	165	5	19,70
14	0,2	8	17,90	165	6	19,30
15	0.2	11	17,70	165	8	17,90
16	0,2	14	17,50	165	11	17,50
17	0,2	18	17,30	165	14	17,30
18	0,2	20	17,10	165	17	17,10
19	0,2	21	16,90	165	21	16,70
20	0,2	23	16,70	165	24	16,40
21	0.2	25	16,50	165	25	16,20
22	0,2	26	16,30	165	26	17,10
23	0,2	27	16,20	165	27	17,00
24	0,2	28	16,10	165	28	16,90

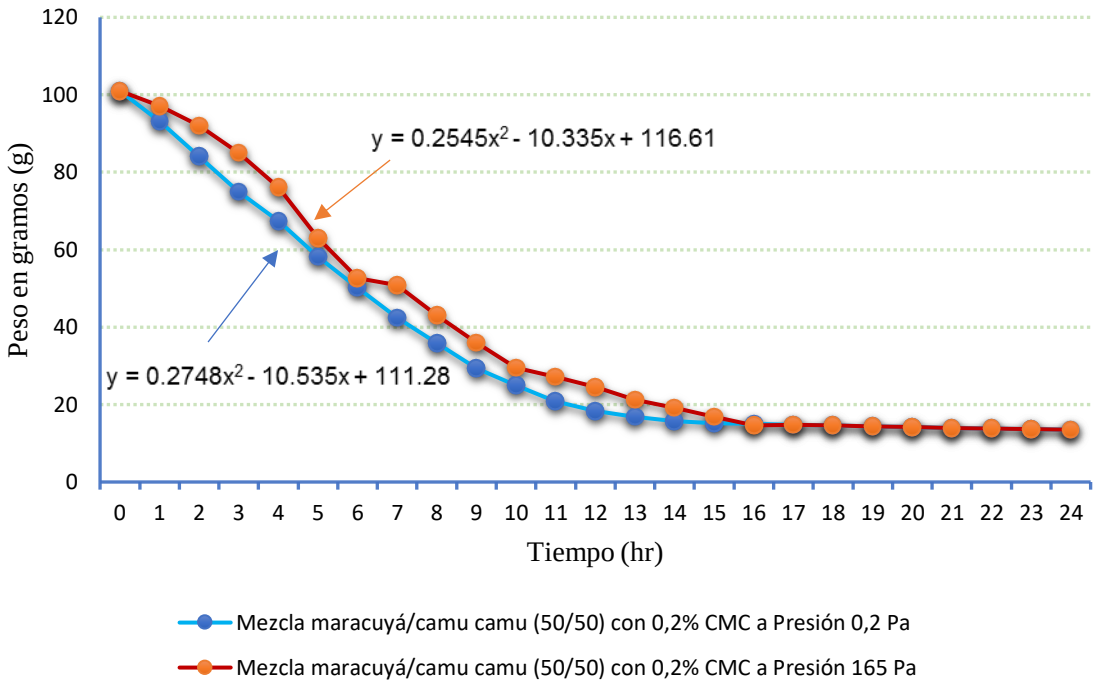


Figura 16. Curva de secado de liofilización por pérdida de peso en gramos (g) de la mezcla de maracuyá/camu camu (50/50) con CMC a presiones de 0,2Pa y 165Pa.

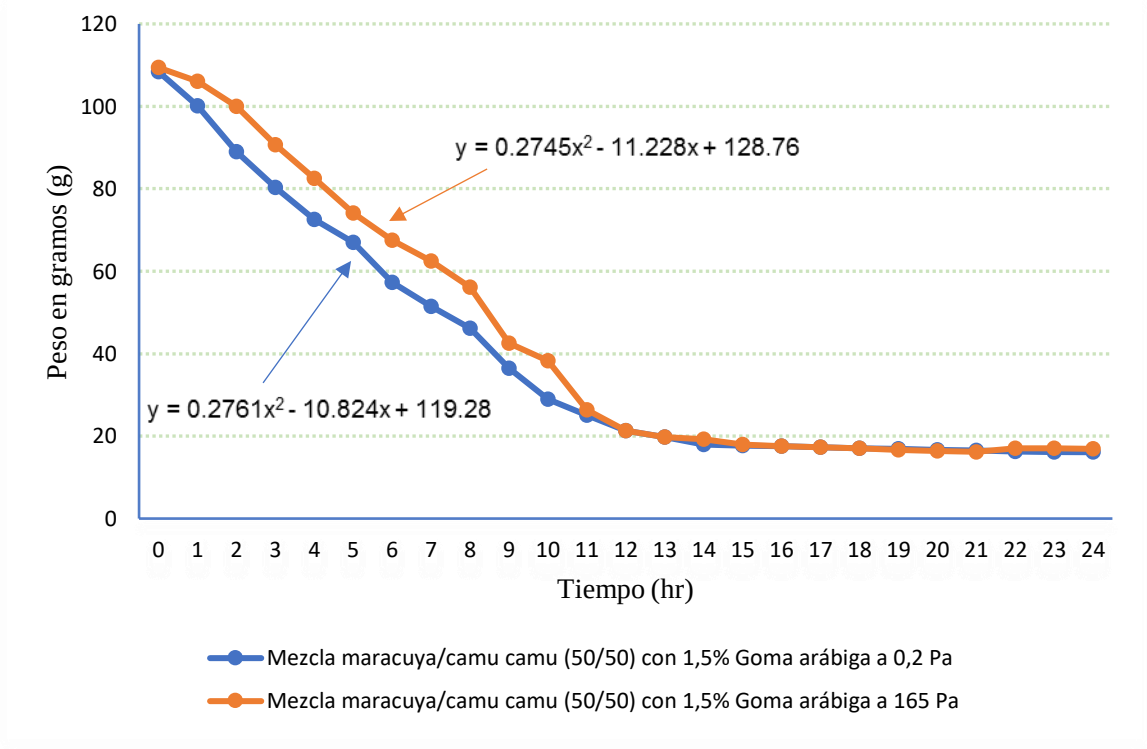


Figura 17. Curva de secado de liofilización por pérdida de peso en gramos (g) de la mezcla de maracuyá/camu camu (50/50) con Goma Arábiga a presiones de 0,2Pa y 165Pa.

3.2.3. Composición proximal del polvo liofilizado de la mejor relación de la mezcla de jugos maracuyá/camu camu

En la Tabla 13 se muestra los resultados del análisis proximal de la mejor muestra liofilizada (v/v: 50/50) de la mezcla de jugos maracuyá/camu camu con 0,2% de CMC a una presión de 0,2Pa, donde se obtiene humedad 6,13 %, proteína 5,97%, grasa 1,30%, fibra 1,50%, cenizas 2,51% y 82,59% carbohidratos; el incremento de proteína estaría asociado al aporte del jugo de maracuyá y la extracción (jugo) de toda la fruta (cáscara, pulpa y semilla) de camu camu.

Tabla 13

Composición proximal (%) de polvo liofilizado de la mezcla de maracuyá/camu camu (v/v: 50/50) con 0,2% de CMC a una presión de 0,2Pa.

Componente	Valor (%)
Humedad	6.13
Proteínas	5,97
Grasas	1,30
Fibra	1,50
Carbohidratos	82,59
Cenizas	2,51

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos generales, específicos y las condiciones del presente trabajo, se concluyó que:

1. La caracterización físico química del jugo de maracuyá para un índice de madurez de 11,41%, presenta polifenoles totales 74,61 mgAG/ml y vitamina C 24,55 mgAA/ml, en camu camu para un índice de madurez 2,44%, contiene polifenoles totales 622,88 mgAG/ml y vitamina C 2714,1 mgAA/ml. La formulación de mezcla de jugos de maracuyá/camu camu adecuada para el procesamiento es la relación (v/v) 50/50 (maracuyá/camu camu) con 10,5 °Brix, polifenoles totales 477,75 mgAG/ml y vitamina C 1425 mgAA/ml.
2. Durante el liofilizado de mezcla de jugo de maracuyá/camu camu usando 0,2% de CMC y 1,5% de goma arábiga como encapsulante, se evidenció el efecto de la presión en los componentes bioactivos (polifenoles totales y vitamina C), donde la presión de 0,2Pa presenta ligeras pérdidas (23,9% en vitamina C) estadísticamente no significativas $p > 0.05$ comparado a la presión de 165Pa que tiene una perdida 26,9% en vitamina C.

3. Existe una ligera sinergía de los componentes bioactivos (vitamina C) en todas las mezclas de jugo y hasta una relación 70/30 para los polifenoles totales; obteniendo vitamina C 1016,03 mgAA/ml y polifenoles totales 534,94 mgAG/ml en la mejor relación (v/v: 50/50) usando 0,2% CMC y una presión de 0,2Pa durante el liofilizado. El análisis proximal determina 6,13% de humedad, 5,97% de proteína, 1,30% de grasa, 0,67% de Ceniza, 1,50% Fibra y 86,59% de Carbohidratos. Es decir, un producto liofilizado rico en compuestos bioactivos técnicamente viable para consumo humano o como un complemento nutricional.

RECOMENDACIONES

1. La posibilidad de utilizar los resultados de esta investigación como capsulas tipo complemento vitamínico, siendo necesario pruebas a nivel clínico y bioaccesibilidad.

2. Realizar estudios con una mezcla de encapsulantes (CMC, Goma arábiga, goma xantan, goma guar y maltodextrinas) para mejorar la retención de vitamina C.

3. Incentivar a los estudiantes para desarrollar nuevos productos liofilizados con mezcla de otras frutas para aprovechar los compuestos bioactivos.

4. Implementar un área de ambiente atemperado en el laboratorio de investigación para minimizar problemas de descongelamiento, liofilizado y manipulación del polvo liofilizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (2005). *Official methods of analysis* (Vol. 17). Association of oficial analytical Chemist.

Amaya, J. (2009). *El cultivo del Maracuyá.* Gerencia Regional Agraria La Libertad, La Libertad, Trujillo. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA_0.pdf

Badui, S. (2006). *Quimica de los alimentos.* México: Pearson Education México.

Barreto. (1996). *Books.* Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de http://books.google.com.mx/books?id=uBMPAQAAIAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false >

Becker, P., Sganzerla, M., Jacques, A., Teixeira, M., & Zambiazi, R. (2015). Carotenoides, tocopherols and ascorbic acid content in yellow passion fruit (*Passiflora ediulis*)grown under different cultivation systems. *ISSN, 64*(0023-6438), 259-263. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.031

Boyer, J., & Lui, R. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr, 3*(1-15).

Caballero, B., Márquez, C., & Betancur, M. (2017). Efecto de la liofilizacion sobre las caracteristicas fisicoquimicas de Ají rocoto (*Capsium pubescens*) con o sin semilla. *Bioagro, 29*(3), 225-234. Obtenido de http://www.redalyc.org/pdf/857/85752807008.pdf

Caisahuana, M. (2012). *Evaluación de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos estados de madurez de camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh) de mazamari-Satipo.* Tesis pregrado, Universidad Nacional del centro del peru, Huancayo, Satipo.

Cano, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterizacion. *6*(4), 420-428.

Carranza, K. (2015). *Características y propiedades funcionales de Passiflora edulis "Maracuya".* Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, La libertad. Obtenido de

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4323/CARRANZA%20RIOS%KELLY%20YESENIA.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Ceballos, A. M. (2008). *Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la produccion de un polvo deshidratado de fruta.* Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Cerrón, D. F. (2012). *Investigacion de mercado para exportacion de camu camu como producto no tradicional*. Trujillo, Perú. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3534/perez_david.pdf?sequence=1

Chang, A. (Abril de 2013). Camu camu: aspectos quimicos, farmacologicos y tecnologicos. Ica, Perú. Obtenido de http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_2098.pdf

Cortés, G. M., Prieto, G. A., & Rozo, W. E. (2015). Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *6*(1), 87-97.

Cortez, J. D., Faicán, M. A., Pirovani, M. E., & Piagentini, A. M. (10 de Diciembre de 2018). Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada: Metodología para mejorar la especificidad del ensayo Folin-Ciocalteu. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 19*(2), 12. Recuperado el 20 de Junio de 2019, de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541002

Cruzado, M., & Cedrón, C. (2012). Nutracéuticos, alimentos funcionales y su producción. *Revista de Química, 26*(1-2).

Deng, J., Zhou, Y., Bai, M., Li, H., & Li, L. (2010). Anxiolytic and sedative activities of *Passiflora edulis* and *P. flavicarpa*. *Journal of Etnopharmacology, 128*(1), 1480-1530.

Dhawan, K., Dhawan, S., & Sharma, A. (2004). Passiflora: as review update. *J. Ethnopharmacol, 94*, 1-23.

Díaz, R. (2004). *Frutos exóticos.* Ediciones Norma.

Dostert. (2009). *Datos Botánicos de camu camu.*

FAO. (1996). Control of wáter pollution from agriculture. (FAO, Ed.) *Ongley*, 55.

Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos* (Vol. 2). Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Fernandes, S., Feio, R., Oliveira, A., Luo, S., Kenji, Shejwalkar, P., . . . Smith, R. (2016). Evaluation of the effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* fo. flavicarpa) on metabolic changes in HIV patients with lipodystrophy syndrome secondary to antiretroviral therapy. *Revista Brasileira de Farmacognosia, 26*(4), 420-426. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.03.002

Fiorentino, A., D´Abrosca, B., Pacifico, S., Mastellone, C., Scognamiglio, M., & Monaco, P. (2009). Indentification and assessment of antioxidant capacity of phytochemicals from kiwi fruits. *57*, 4148-4155.

Forero, F., & Vélez, C. (2013). Optimización de la concentración por evaporacion osmotica del jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Dyna, 80*(179), 90-98.

Gabas, A. L., Telis, V. R., Sobral, P. J., & Telis, J. (2007). Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp poder. *Journal of food engineering*(82), 246-252.

Galán, G. (2011). *Liofilización: Introducción, principios y teoría.* Chile: En seminario Sagu Ltda y SP industries.

García, R., & Shapiama, J. (2010). Liofilización de Myrciaria dubia HBK McVaugh (camu camu). *Conocimiento Amazonico, 1*(1), 85-94. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de http://revistas.unapiquitos.edu.pe/index.php/Conocimientoamazonico/article/view/45

Gonzáles, A., Espinoza, A., Cañizares, A., & Méndez, J. (2008). Obtención de un polvo de ají dulce (*Capsicum chinese*) producido mediante deshidratacion por aire forzado. *Revista Científica UDO Agricola, 8*(1), 18-26.

Huamancondor, Y., & Olivos, J. (2013). *Evaluacion de la capacidad antioxidante de los polifenoles totales de la piel, casco y semillas liofilizadas del maracuyá (passiflora edulis).* Nuevo Chimbote.

Hung, C. Y., & Yen, G. C. (2002). Antioxidant Activity of phenolic compounds Isolated from Mesona Procumbens Hemsl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*(10), 2993-2997.

Iman, S., Bravo, L., Sotero, M., & Oliva. (2011). Contenido de vitamina C en frutos de camu camu Myrciaria dubia Mc Vaugh, en cuatro estados de maduración, procedentes de la colección de germoplasma del INIA Loreto. *Scientia Agropecuaria*, 123-132.

Ingale, A., & Hivrale, A. (2010). Pharmacological studies of Passiflora sp. And their bioactive compounds. *Afr.J.PlantSci., 4*, 417-426.

Justi, K., Visentainer, I., Souza, N., & Matsushita, M. (2000). Composicíon nutricional y la estabilidad de la vitamina C en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*) de pulpa. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50*(4), 405-408.

Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., & Gliszyñska, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food composition and analysis, 20*(3), 313-322.

Klinar, S., Chang, A., & Chanilio, J. (2009). Evaluación comparativa del contenido de vitamina C en diferentes estados de maduración del fruto de camu camu (Myrciaria dubia H.B.K Mc Vaugh). *Revista científica FITOICA, 4*(1), 23-32.

Krishnan, S., Kshirsagar, A. C., & Singhal, R. S. (2005). The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydrate polymers, 62*(4), 309-315.

Kulkami, S., & VIjayanand, P. (2010). *Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (Passiflora edulis f. flavicarpa L.).* Food Science and Technology.

Lazo, R. (2015). *Conservacion por liofilizacion de pulpa de camu camu (Myrciaria dubia HBK).* Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martin, San Martin, Tarapoto.

Li, B. B., Smith, B., & Hossain, M. M. (2006). Extraction of phenolics from citurs peels. *Solvent extraction method. Separation and Purification Technology, 48*(1), 182-188.

Mamani, P., & Quiroz, J. (2017). *Investigacion para la cuantificacion de ácido ascórbico en elaboracion de una bebida de noni con Maracuya.* Tesis Profesional, Universidad de san agustin de arequipa, Arequipa.

Minagri. (2013). Reporte de inteligencia de mercados. *Ministerio de agricultura y de riego*. Obtenido de agrolalibertad:

http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/informe_inteligencia_de_mercado_maracuya.pdf

Minolta. (2002). *Comunicación precisa de los Colores*. Recuperado el 2017 de Mayo de 16, de http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part2/03.html.

Minsa. (2012). Un gordo problema:Sobrepeso y obesidad en el peru. *Catalogación hecha por la biblioteca central del ministerio de Salud*. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/1830.pdf

Miroddi, M., Calapai, G., Navarra, M., Minciullo, L., & Gangemi, S. (2013). Passiflora incarnata L.:Ethnopharmacology, clinicalapplication, safey and evaluation of clinica. *Itrals Journal of Ethnopharmacology, 150*, 791-804.

Mora, F. (2013). *Efecto de la concentración de cmc, goma guar y goma xantan sobre la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (Cynara scolmus L.) variedad imperial star.* Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO.

Navarro. (1998). Liofilización de productos Farmacéuticos. *SINTEFARMA, 4*(1). Recuperado el 16 de Mayo de 2017

Núñez, D. (2008). *Optimizacion del proceso de elaboracion de pulpa de babaco (Carica pentagona), con incorporacion de su corteza y maximizando la retencion de ácido ascórbico.* Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ingenieria en industrias agropecuarias.

Ojeda, H. (2007). Los compuestos fenólicos de la uva. *Revista Enología, 6*(4), 1-11.

Oliveira, D., Angonesea, M., Gomes, C., & Ferreira, S. (2016). Determination of fatty acid, tocopherol, sterol contents and 1,3-diacylglycerols in four different virgen olive oil. *Journae Food Process Technol, 111*, 55-62. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2016.01.010

Padayatt, S. J., Daruwala, R., Wang, Y., Eck, P. K., Song, J., Koh, W. S., & Levine, M. (2001). Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. *Hand book of antioxidants, 1*(2), 117-145.

Pantoja, A., Hurtado, A., & Martinez, H. (2017). Caracterización del aceite de semillas de maracuya (*Pasiflora edulis Sims*) procedente de residuos agroindustriales con CO_2 supercrítico. *Agron ISSN*, 178-185.

Parzanese. (2012). Tecnología para la Industria Alimentaria. *Dirección Nacional de Transformación y comercialización de productos agrícolas y forestales.*

Pinedo, M., Riva, R., Rengifo, E., Delgado, C., Villacres, J., Gonzales, A., . . . Linares, C. (2001). Sistema de producción de camu camu en restringa. *Proyecto Biexport-camu camu, Instituto de Investigación de la amazonia peruana (IIAP)*.

Pizzetti, J., Montanher, A., Zucolotto, S., Scenkel, E., & Frode, T. (2007). Evaluation of the antlinflammatory efficacy of *Passiflora edulis*. *Food Chemistry, 104*(3), 1097-1105.

Rahman. (1999). Food properties handbook. *USA:CRC*, 500.

Ramírez, J. (2006). *Liofilización de alimentos. Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de scribd.com: https://es.scribd.com/doc/31055971/2006

Ramírez, V., Arango, S., Maldonado, M., & López, J. (2015). *Actividad anticancerígena de extracto de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa) en células de cáncer de colon humano.* Universidad Nacional de Colombia. Medellín: Maestría en ciencias-Biotecnología.

Ramos, Z., Garcia, L., Pinedo, M., & Sousa, R. (2002). Evaluación de factores de procesamiento de pulpa de *Myrciaria dubia* H.B.K (Camu camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico). *Revista Amazonica de investigacion Amazonica, 2*(2), 89-99.

Rascon, M., Beristain, C., García, H., & Salgado, M. (2011). *Carotenoid retention and storage stability of spray dried encapsulated paprika oleoresin using using gum arabic an soy protein as wall material.* Food Science and Techology.

Reyes, M., Gómez, I., Espinoza, C., Bravo, F., & Ganoza, L. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos.* Instituto Nacional de Salud del Perú. Obtenido de http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf

Ribeiro, P. F. (2012). *Compostos bioativos de camu-camu (Myrciaria dubia) em funcao do ambiente de cultivo e do estágio de maturação.* Tese Vicosa-MG.

Rodriguez. (1986). *Tecnología de la Liofilización de productos vegetales.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: Tesis para Ingeniero Químico.

Rodriguez, A. (2016). *Elaboracion de productos nutraceuticos por liofilización a partir de Kiwi.* España.

Rodriguez, L., Reyes, j., Burchiel, S., Herrera, D., & Torres, E. (2008). Risks and benefits of commonly used herbal medicine in mexico. *Toxicology and Applied pharmacology, 22*(7), 125-138.

Rojas, C. (2002). *Efecto de 4 niveles de reposición hídrica post-pinta, sobre la calidad de mostos y vinos de Vitis vinífera CV.* Universidad e Talca. Talca: Cabernet saubignon.

Rojas, J., Ronceros, S., Palomino, R., Salas, M., Azañero, R., Cruz, H., & Rojas, A. (2009). *Efecto coadyuvante del extraco liofilizado de Passiflora edulis (maracuyá) en la reducción de la presión arterial en pacientes tratados con enalapril.* An Fac med.

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, 61*.

Saénz, C., Tapia, S., Chávez, J., & Robert, P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntaia ficus-indica*). *Food Chemistry, 114*, 616-622. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/222242801_Microencapsulation_by_spray_drying_of_bioactive_compounds_from_cactus_pear_Opuntia_ficus-indica

Salgado , N., Ramirez, M., Rojas, S., Beltran, Y., & Orrego, C. (abril de 2012). Polifenoles en tres accesiones de camu-camu (*Myrciaria dubia*). *redalyc*. Obtenido de redalyc: https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914113.pdf

Sandoval. (2002). Antioxidant activity of the cruciferous vegetables Maca (*Lepidium meyeni*). *Food chemistry, 79*(2), 207-213.

Sandoval, L., Martinez, M., & Gonzales, Y. (2003). *El camu camu, fuente funcional.*

Serna, J. (1992). *Cultivo de maracuyá.* Manizales, Colombia. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/maracuya.html

Serna, L., Torres, C., & Ayala, A. (2015). *Efectoo de la adición de edulcorantes no calóricos sobre las propiedades fisicoquimicas y la cinética de secado de cáscara de Mango liofilizado.*

Shui, G., & Leong, L. P. (2006). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food chemistry, 97*(2), 277-284.

Silva, S., Freitas, A., Barros, F., Lins, K., Alves, A., Alencar, N., . . . Feitosa, J. (2012). *Polysaccharide isolated from passiflora edulis: characterization and antitumor properties.* Carbohydrates Polymers.

Sotero, V., Silva, L., Garcia de Sotero, D., & Iman S. (2009). Evaliación de la actividad antioxidante de la pulpa, cascara y semilla de fruto de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K). *Revista de la Sociedad Quimica del Peru, 75*(3), 293-299.

Sotomayor, C. P. (2000). *Influencia de los encapsulantes y las temperaturas de secado en la calidad de camu camu (Myrciaria dubia) liofilizado.* Universidad Nacional Agraria la Molina-UNALM, Lima. Lima: Facultad de Industria Alimentarias.

Tang, X. C., & Pikal, M. J. (2004). Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: practical advice. *Pharmaceutical research, 21*(2), 191-200.

Terroni. (2012). *Manual básico de liofilización.* SP-Brasil: Rua RioParaná. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de http://api.ning.com/files/r36cjGKKUjHiYZQH-NMo80UEkCPVAiIYsidNyI15yUYlQDCH8ViroxVYM2-kcxgYLQl1ef39s4YBgbVCytr-kKVgvtRESq2U/ManualdeliofilizacinEsp.pdf

Toontom, N., Meenune, M., Posri, W., & Lertsiri, S. (2012). Effect of drying method on physical and chemical quality, hotness and volatile flavour characteristics of dried chili. *International Food Research Journal, 19*(3), 23-31.

Torres, V. (2010). *Determinación de potencial nutritivo y funcional de guayaba (Psidium guajaba L.), cocona (Solanum sessiliflorium Dunal) y camu camu (Myrciaria dubia Mc Vugh).* Tesis de pregrado, Escuela Politécnica nacional, Quito.

Tucto, A. (2015). *Análisis proximal, polifenoles totales, ácido ascorbico y actividad secuestrante de radicales libre (DPPH+) de la pulpa liofilizada de camu-camu y su efecto sobre la glucosa sérica, perfil lipídico y actividad antioxidante en ratas*

diabéticas. Lima: UPCH-Lima. Obtenido de http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/484.

Valle, S., López, O., Reyes, M., Castillo, J., & Santo, A. (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábiga y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Revista Chapingo, 14*(3), 235-241.

Vázquez. (2012). *Desarrollo de un alimento funcional liofilizado a base de frutas tipo "snack".* Universidad Simón bolívar.

Vega, R. (2005). Liofilización de pulpa de *Myciaria dubia* HBK MC VAUGH , Camu Camu. *Folia Amazónica, 14*, 51-56. Obtenido de revistas.iiap.org.pe

Villachica. (1998). *Frutales y hortalizas promisores de la Amazonia.* Lima, Perú.

Wang, Y., Lu, Z., LV, F., & Bie, X. (2009). Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying. *European Food Research and Technology, 229*(3), 391-396.

Yáñez. (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Revista Avance y perspectiva*, 313-319.

Yoshikawa, K., Katsuta, S., Mizumori, J., & Arihara, S. (2000). Four cycloartane triterpenoids and six related saponins from *Passiflora edulis*. *Journal of Natural products, 63*(9), 1229-1234.

Zapata, L., Gerard, L., Davies, C., & Schvab, M. (2007). *Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates, Revista Ciencia, Docencia y Tecnologia.* 18(35).

Zavaka, L. (2010). El camu camu . *Boletin Nutricional*.

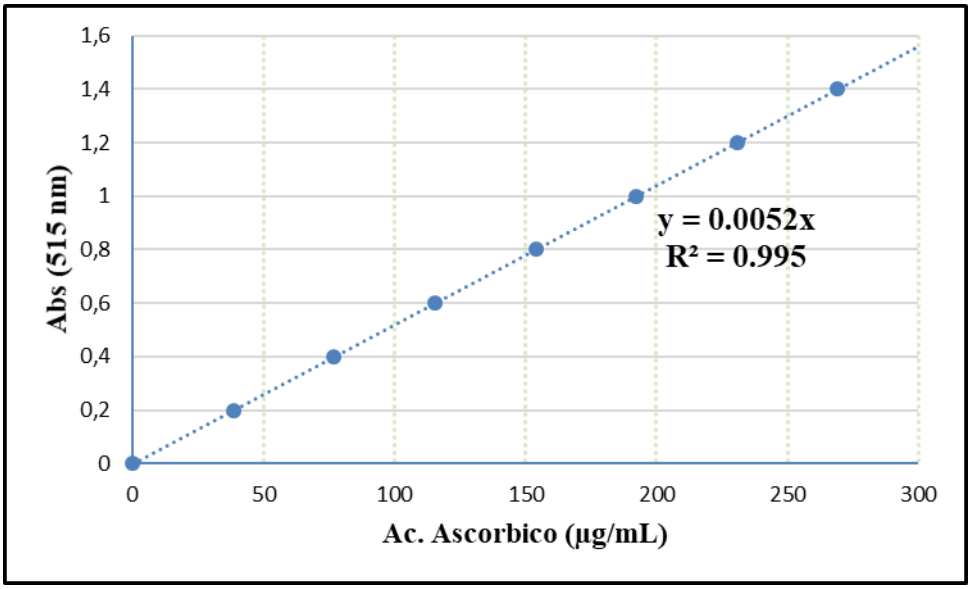
Zeraik, M., Serteyn, D., Deby-Dupont, D., & et al. (2011). Evaluation of the antioxidant activity of passion fruit (P*assiflora edulis* and *Passiflora alata*) extracts on stimulanted neutrophils and myeloperoxidase activity assays. *Food Chemistry, 128*(2), 259-265. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.001

ANEXOS

Anexo A: Determinación de Curva estándar de vitamina C y Polifenoles Totales.

Datos para graficar y encontrar la ecuación de vitamina C (curva estándar a 515 nm).

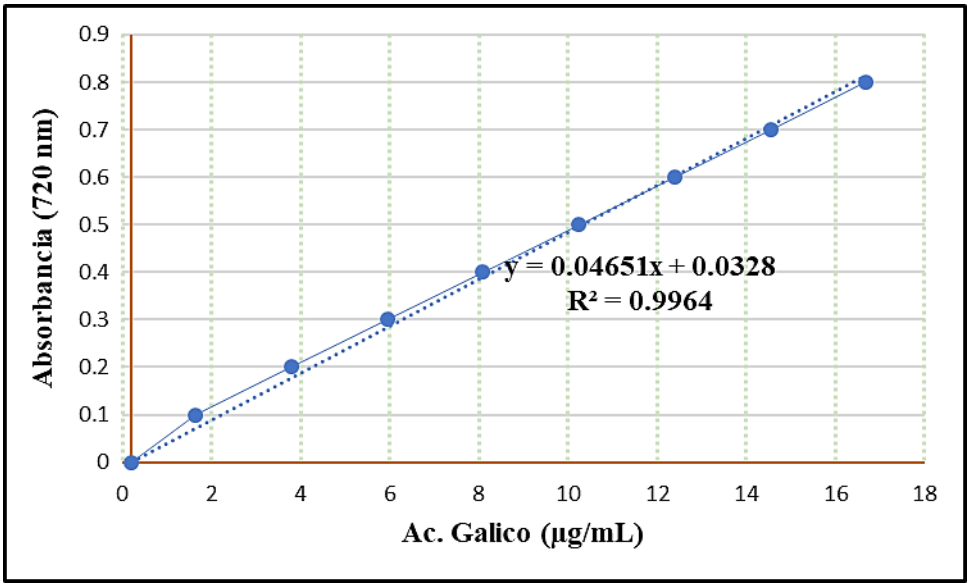
Concentraciones	Absorbancia	Vitamina C
0	0	0,0
9/1	0,2	38,5
8/2	0,4	76,9
7/3	0,6	115,4
6/4	0,8	153,9
5/5	1	192,3
4/6	1,2	230,8
3/7	1,4	269,2
2/8	1,6	307,7



Curva estándar de vitamina C a 515 nm.

Datos para graficar y encontrar la ecuación de polifenoles totales (curva estándar a 720 nm).

Concentraciones	absorbancia	Polifenoles totales
0	0	0
9/1	0,1	1,4
8/2	0,2	3,6
7/3	0,3	5,8
6/4	0,4	7,9
5/5	0,5	10,1
4/6	0,6	12,2
3/7	0,7	14,4
2/8	0,8	16,5



Curva estándar de polifenoles totales a 720 nm.

Anexo B: Análisis estadístico de polifenoles totales.

Polifenoles totales (mgAG/ml) del producto liofilizado (maracuyá/camu camu) a presión de 0,2 Pa y 165 Pa.

Presión (Pa)	**50/50**		**70/30**		**90/10**	
	CMC	**Goma A**	**CMC**	**Goma A**	**CMC**	**Goma A**
0,2	534,94	465,92	221,89	343,37	102,34	103,20
165	435,82	415,39	267,04	248,76	101,05	103,10
Promedios	485,38	440,66	296,07	244,47	103,15	101,695

Análisis de varianza (ANOVA) para polifenoles totales del producto liofilizado usando programa estadístico Minitab español-2017.

Fuente de variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Suma de cuadrados Ajustado**	**Cuadrados Medios**	**F Calculada**	**F Tabulada**	**Significancia**
Mezclas	2	55854926	54900100	27450050	50,11	0,000	No
Presión	1	2496057	2519030	2519030	4,60	0,069	No
Encapsulantes	1	80111	80111	80111	0,15	0,713	Si
Error	7	3834256	3834256	547751			
Total	11	62265350					

Existe significancia estadística para el encapsulante a p <0,05

Como hay diferencia significativa en el encapsulante, se hace la prueba de Tukey 0.05

<u>Prueba de Tukey:</u>

$$\boldsymbol{DMS_{5\%} = Q_X\sqrt{\frac{CM_{error}}{n}} = 5,63 * \sqrt{\frac{463,02}{2}} = 85,66}$$

Comparación de polifenoles totales promedios con la prueba de Tukey 5 % probabilidad.

Tratamientos	Valor	Resta	Diferencia absoluta	DMS5%	Significancia
A	534,94	a-b	69,02	85,66	No
B	465,92	a-c	99,12	85,66	Si
C	435,82	a-d	119.55	85,66	Si
D	415,39	b-c	30,10	85,66	No
E	343,37	b-d	50,53	85,66	No
F	267,04	c-d	20,43	85,66	No
G	248,76	e-f	76,33	65,45	Si
H	221,89	e-g	94.61	65,45	Si
I	103,20	e-h	121,48	65,45	Si
J	103,10	f-g	18,28	65,45	No
K	102,34	f-h	45,15	65,45	No
L	101,05	g-h	26,87	65,45	No
		i-j	0,10	40,29	No
		i-k	0,86	40,29	No
		i-l	2,15	40,29	No
		j-k	0,76	40,29	No
		j-l	2,05	40,29	No
		k-l	1,29	40,29	No

Anexo C: Análisis estadístico del contenido de vitamina C.

Contenido de vitamina C (mgAA/ml) del producto liofilizado (maracuyá/camu camu) a presión de 0,2 Pa y 165 Pa.

Presión (Pa)	**50/50**		**70/30**		**90/10**	
	CMC	**Goma A**	**CMC**	**Goma A**	**CMC**	**Goma A**
0,2	1016,03	989,74	802,56	774,36	654,49	619,87
165	703,21	675,00	651,28	625,00	566,03	574,36
Promedios	859,62	832,37	726,92	699,68	610,26	597,12

Análisis de varianza (ANOVA) para Vitamina C final del producto liofilizados usando programa estadístico Minitab español-2017.

Fuente de variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Suma de cuadrados Ajustado**	**Cuadrados Medios**	**F Calculada**	**F Tabulada**	**Significancia**
Mezclas	2	105660263	95819934	47909967	14,54	0,003	No
Presión	1	76395210	76338947	76338947	23,16	0,002	No
Encapsulantes	1	1130152	1130152	1130152	0,34	0,037	No
Error	7	23071733	23071733	3295962			
Total	11	206257358					

No existe diferencia estadística significativa para $p < 0,05$

Anexo D: Análisis estadístico de porcentaje de humedad.

Humedad final (%) del producto liofilizado (mezcla maracuyá/camu camu a presíon de 0,2 Pa y 165 Pa).

Presión	**50/50**		**70/30**		**90/10**	
(Pa)	**CMC**	**Goma**	**CMC**	**Goma**	**CMC**	**Goma**
0.2	6,10	6,23	6,05	6,18	6,03	6,11
165	7,63	8,06	7,28	7,89	7,09	7,47
Promedio	6,86	7,15	6,67	7,04	6,56	6,79

Análisis de varianza (ANOVA) para humedad final (%) del producto liofilizado (mezcla maracuyá/camu camu) usando programa estadístico Minitab español-2017.

Fuente de variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Suma de cuadrados Ajustado**	**Cuadrados Medios**	**F Calculada**	**F Tabulada**	**Significancia**
Mezclas	2	1,942	1,723	0,861	3,95	0,071	No
Presión	1	43,487	43,278	43,278	198,44	0.000	No
Encapsulantes	1	2,007	2,007	2,007	9,20	0,019	No
Error	7	1,527	1,527	0,218			
Total	11	48,962					

No existe diferencia estadística significativa para $p < 0,05$

Anexo E: Análisis estadístico del color del producto liofilizado.

Color (Luminosidad L) del producto liofilizado (mezcla maracuyá/camu camu a 0,2 Pa y 165Pa).

Presión	**50/50**		**70/30**		**90/10**	
(Pa)	**CMC**	**Goma A**	**CMC**	**Goma A**	**CMC**	**Goma A**
0,2	16,03	16,02	20,24	20,15	20,14	19,98
165	15,95	15,93	20,19	20,17	19,91	19,94
Promedio	15,99	15,98	20,22	20,16	20,03	19,96

Análisis de varianza (ANOVA) del color (Valor L) usando programa estadístico Minitab español-2017.

Fuente de variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Suma de cuadrados Ajustado**	**Cuadrados Medios**	**F Calculada**	**F Tabulada**	**Significancia**
Mezclas	2	773,40	773,40	386,70	7197,17	0,000	No
Presión	1	0,34	0,34	0,34	6,32	0,040	No
Encapsulantes	1	0,13	0,13	0,13	2,34	0,170	Si
Error	7	0,38	0,38	0,05			
Total	11	62265350					

Existe significancia estadística para el encapsulante a $p < 0,05$.

Como hay diferencia significativa en el encapsulante, se hace la prueba de Tukey 0.05

<u>Prueba de Tukey:</u>

$$\boldsymbol{DMS_{5\%} = Q_X\sqrt{\frac{CM_{error}}{n}} = 5,63 * \sqrt{\frac{0,05}{2}} = 0,890}$$

Comparación del color (valor L) promedios con la prueba de Tukey 5 % probabilidad

Tratamientos	Valores	Resta	Diferencia absoluta	DMS5%	Significancia
A	16,03	a-b	0,01	0,890	No
B	16,02	a-c	0,08	0,890	No
C	15,95	a-d	0,10	0,890	No
D	15,93	b-c	0,07	0,890	No
E	20,24	b-d	0,09	0,890	No
F	20,19	c-d	0,02	0,890	No
G	20,17	e-f	0,05	0,890	No
H	20,15	e-g	0,07	0,890	No
I	20,14	e-h	0,09	0,890	No
J	19,98	f-g	0,02	0,890	No
K	19,94	f-h	0,04	0,890	No
L	19,91	g-h	0,02	0,890	No
		i-j	0,16	0,890	No
		i-k	0,20	0,890	No
		i-l	0,23	0,890	No
		j-k	0,04	0,890	No
		j-l	0,07	0,890	No
		k-l	0,03	0,890	No

*Color (Valor *a) del producto liofilizados (mezcla maracuyá/camu camu a presión de 0,2 Pa y 165 Pa).*

Presión	**50/50**		**70/30**		**90/10**	
(Pa)	**CMC**	**Goma**	**CMC**	**Goma**	**CMC**	**Goma**
0,2	8,31	8,27	8,62	8,50	7,09	7,25
165	8,14	8,15	8,14	8,63	7,23	7,25
Promedio	8,23	8,21	8,38	8,57	7,16	7,25

*Análisis de varianza (ANOVA) del color (Valor *a) usando programa estadístico Minitab español-2017.*

Fuente de variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Suma de cuadrados Ajustado**	**Cuadrados Medios**	**F Calculada**	**F Tabulada**	**Significancia**
Mezclas	2	30,6575	30,6566	15,3283	268,14	0,000	No
Presión	1	0,0133	0,0134	0,0134	0,23	0,643	Si
Encapsulantes	1	0,0095	0,0095	0,0095	0,17	0,696	Si
Error	7	0,4002	0,4002	0,0572			
Total	11	31,0805					

Existe significancia estadística para el encapsulante y la presión de liofilizado a p< 0,05. Como hay diferencias significativas en el encapsulante y la presión, se hace la prueba de Tukey 0.05

<u>Prueba de Tukey:</u>

$$\boldsymbol{DMS_{5\%} = Q_X \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}} = 5,63 * \sqrt{\frac{0,0572}{2}} = 0,952}$$

*Comparación del color (valor *a) promedios con la prueba de Tukey 5 % probabilidad.*

Tratamientos	Valores	Resta	Diferencia absoluta	DMS5%	Significancia
A	8,31	a-b	0,04	0,952	No
B	8,27	a-c	0,16	0,952	No
C	8,15	a-d	0,17	0,952	No
D	8,14	b-c	0,12	0,952	No
E	8,63	b-d	0,13	0,952	No
F	8,62	c-d	0,01	0,952	No
G	8,52	e-f	0,01	0,952	No
H	8,50	e-g	0,11	0,952	No
I	7,25	e-h	0,13	0,952	No
J	7,25	f-g	0,10	0,952	No
K	7,23	f-h	0,12	0,952	No
L	7,09	g-h	0,02	0,952	No
		i-j	0,00	0,952	No
		i-k	0,02	0,952	No
		i-l	0,16	0,952	No
		j-k	0,02	0,952	No
		j-l	0,16	0,952	No
		k-l	0,14	0,952	No

*Color (valor *b) del producto liofilizados (mezcla maracuyá/camu camu a presión de 0,2 Pa y 165 Pa).*

Presión	50/50		70/30		90/10	
	CMC	Goma	CMC	Goma	CMC	Goma
1	7,66	7,63	10,39	10,35	11,44	11,47
2	7,69	7,67	10,37	10,35	11,41	11,45
Promedio	7,68	7,65	10,38	10,35	11,43	11,46

*Análisis de varianza (ANOVA) del color (Valor *b) usando programa estadístico Minitab español-2017.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados Ajustado	Cuadrados Medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Mezclas	2	267,460	267,459	133,729	20196,70	0,000	No
Presión	1	0,001	0,001	0,001	0,08	0,791	Si
Encapsulantes	1	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	No
Error	7	0,046	0,046	0,007			
Total	11	267,507					

Existe significancia estadística para la presión de liofilizado para $p < 0,05$.
Como hay diferencia significativa en la presión, se hace la prueba de Tukey 0.05

<u>Prueba de Tukey:</u>

$$\boldsymbol{DMS_{5\%} = Q_X \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}} = 5,63 * \sqrt{\frac{0,007}{2}} = 0,333}$$

*Comparación del color (valor *b) promedios con la prueba de Tukey 5 % probabilidad.*

Tratamientos	Valores	Componentes	Diferencias absolutas	DMS 5%	Significancia
A	7,69	a-b	0,02	0,333	No
B	7,67	a-c	0,03	0,333	No
C	7,66	a-d	0,06	0,333	No
D	7,63	b-c	0,01	0,333	No
E	10,39	b-d	0,04	0,333	No
F	10,37	c-d	0,03	0,333	No
G	10,35	e-f	0,02	0,333	No
H	10,35	e-g	0,04	0,333	No
I	11,47	e-h	0,04	0,333	No
J	11,45	f-g	0,02	0,333	No
K	11,44	f-h	0,02	0,333	No
L	11,41	g-h	0,00	0,333	No
		i-j	0,02	0,333	No
		i-k	0,03	0,333	No
		i-l	0,06	0,333	No
		j-k	0,01	0,333	No
		j-l	0,04	0,333	No
		k-l	0,03	0,333	No

Anexo F: Fotos de la parte experimental del trabajo de investigación.

camu-camu *(Myrciaria dubia)*. **maracuyá (*Passiflora edulis)***

Jugo (extracto) empleados para las mezclas (50/50, 70/30, 90/10).

Jugo de maracuyá. **Jug(Extracto) de camu camu.**

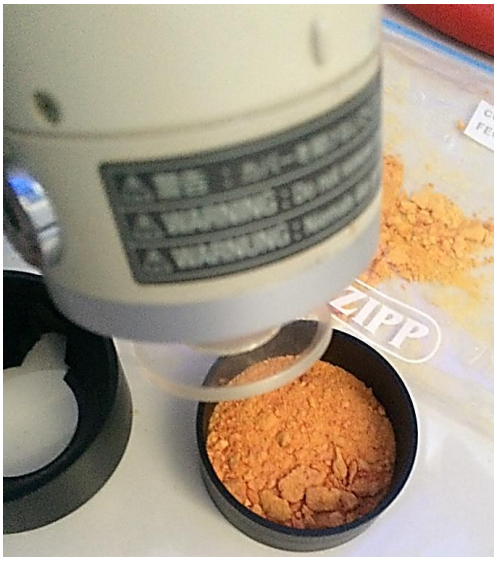
Cubetas con las mezclas (90/10, 70/30 y 50/50) con encapsulante (CMC y goma arábiga) para el congelamiento.

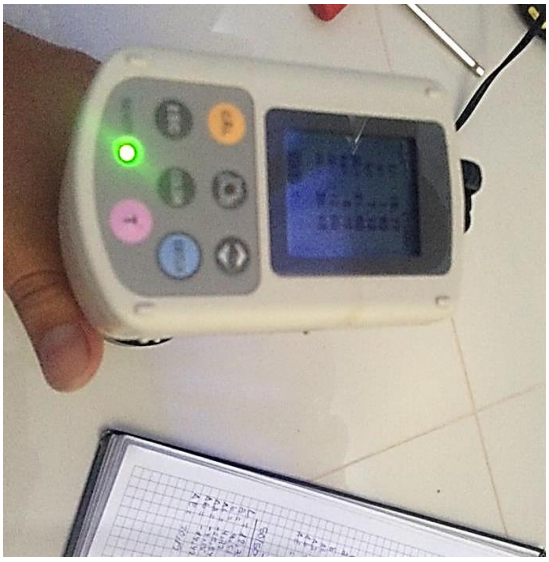
Proceso de liofilización de las cubetas previamente congeladas.

Muestra en liofilizador.

Liofilizador Labconco.

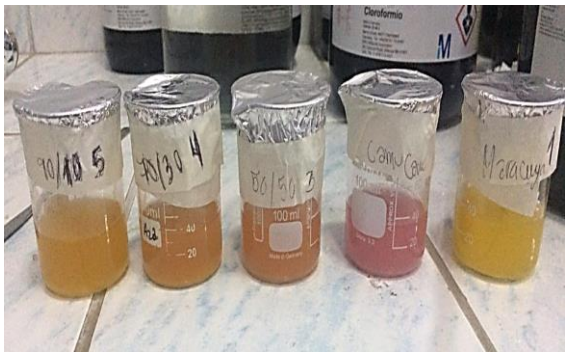
Determinación del color del producto liofilizado.



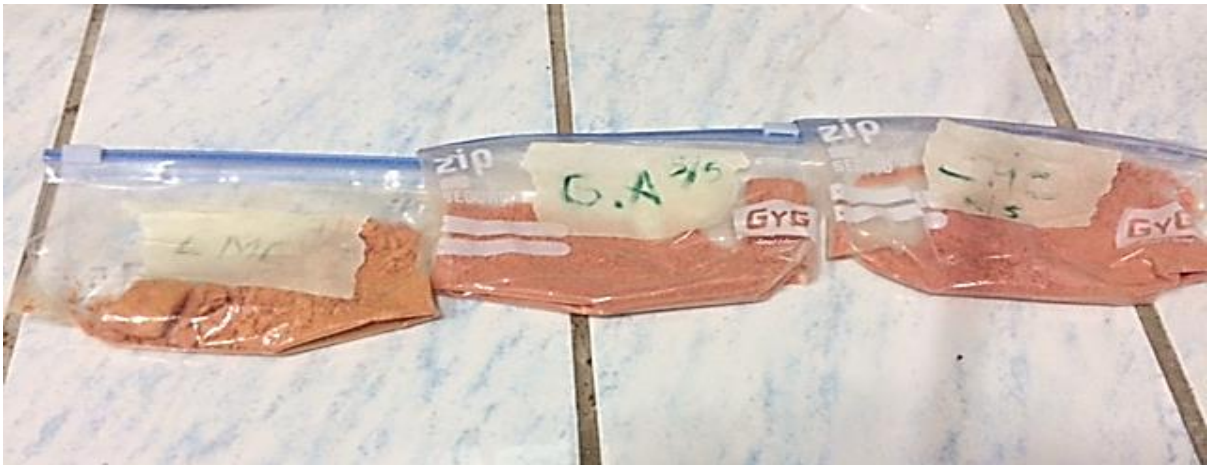


Colorímetro triestimulo portátil Minolta CIELab.

Preparación y extracción hidroalcohólica (v/v: agua/alcohol) de jugo y mezcla para determinar el contenido de Polifenoles totales.



Extracción hidroalcoholica. **Filtración.**



Polvo liofilizado (maracuyá/camu camu).