

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU
FACULTAD DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS
CARRERA: INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EVALUACIÓN DE AGENTES COADYUVANTES EN EL
RENDIMIENTO Y CONCENTRACION DE VITAMINA C EN JUGO
DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia*) SECADO POR ASPERSION”**

**Tesis Para optar el título profesional de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTOR:

Bach. ANGEL ANTONIO GARCIA TAIPE

ASESOR:

Dra. Bettit Salvá Ruiz

Lima, Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios, por permitir que todo sea posible y por darme la fuerza y sabiduría necesaria para poder desarrollar este proyecto. Por hacerme creer en mí mismo.

A mis padres; Diego García, por brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo de este proyecto, a Bethy Taipe, por creer en mí y darme el respaldo suficiente para terminar con este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora, la Dra. Bettit Salvá Ruiz, por darme la oportunidad de elaborar este proyecto y por su apoyo en la elaboración de esta tesis.

A Yanitza, por ser mi bella compañera durante todo este periodo y la más entusiasta por terminar mi tesis.

A mis hermanos por creer y confiar en mí.

A Dieguito e Ignacio, mis pequeños sobrinos, para poder servirles de ejemplo y por ser uno de mis motores en mi vida.

Al Ing. Mg. Jorge Lopez por guiarme y brindarme su ayuda en las distintas pruebas realizadas durante la experimentación.

Al Ing Mg. Óscar Jordan por la ayuda brindada en las distintas dudas realizadas durante la investigación.

Al Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA) por su asesoría y disponibilidad de sus instalaciones durante la experimentación de este proyecto.

A mis padrinos, Guillermo y Lourdes, por siempre estar pendientes de mí, por toda su preocupación.

INDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	15
I. INTRODUCCION	17
II. MARCO TEORICO	20
2.1 CAMU CAMU	21
2.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	21
2.1.2 TAXONOMÍA.....	22
2.1.3 BOTÁNICA.....	22
2.1.4 CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS.....	24
2.1.5 PIGMENTOS EN EL CAMU CAMU	25
2.1.6 SOLUBILIDAD	26
2.2 ACIDO ASCORBICO	27
2.2.1 CARACTERISTICA Y ESTRUCTURA	27
2.2.2 DEGRADACION QUIMICA DEL ACIDO ASCORBICO	29
2.2.3 ESTABILIDAD DEL ACIDO ASCORBICO EN LOS ALIMENTOS.....	31
2.3 SECADO POR ASPERSION O SPRAY DRYING	34
2.3.1 PROCESO DE SECADO POR ASPERSION.....	34
2.3.2 USO DE LOS SECADORES POR ATOMIZACION EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	37
2.3.3 FACTORES DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS	38
2.4 AGENTES COADYUVANTES DEL SECADO.....	38
2.4.1 GOMA ARABIGA COMO AGENTE COADYUVANTE	40
2.4.2 ALMIDON COMO AGENTE COADYUVANTE	41
2.4.3 MALTODEXTRINA COMO AGENTE COADYUVANTE.....	41
2.4.4 CERAS COMO AGENTES COADYUVANTES	42
2.5 ANALISIS DEL COLOR	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1 MATERIALES Y EQUIPOS.....	46
3.1.1 MATERIA PRIMA.....	46

3.1.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	46
3.1.3	INSUMOS Y REACTIVOS.....	46
3.2	METODOLOGÍA.....	47
3.2.1	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	47
3.2.2	ANALISIS FISICO-QUIMICO	53
3.3	ANALISIS ESTADISTICO	55
3.3.1	DISEÑO DEL ANALISIS ANOVA DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU: PORCENTAJE (%) VS PRUEBA, ENCAPSULANTE.....	56
3.3.2	DISEÑO DE ANALISIS TUKEY DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU: PROCENTAJE (&) VS AG. COADYUVANTE.....	58
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	59
4.1	ACONDICIONAMIENTO DE LA PULPA DE CAMU CAMU.....	60
4.2	PROCESO DE SECADO POR ASPERSION DEL CAMU CAMU	61
4.3	CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU (4 COADYUVANTES).....	62
4.4	RENDIMIENTO DEL SECADO	63
4.5	COORDENADAS DE COLOR L*a*b OBTENIDAS UTILIZANDO IMAGEJ	64
4.6	DETERMINACION DE VITAMINA C EN EL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON DISTINTOS COADYUVANTES.....	66
4.7	SELECCIÓN DE AGENTE COADYUVANTE EN EL PROCESO DE ATOMIZACION DEL CAMU CAMU	67
4.8	SOLUBILIDAD DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON DIFERENTES ENCAPSULANTES Y CURVA DE SOLUBILIDAD.	68
4.9	ANALISIS DE LA VARIACION (ANOVA) DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU.....	71
4.10	Método de TUKEY para la identificación de pruebas con medias distintas. Atomizado de camu camu	73
V.	CONCLUSIONES.....	75
VI.	RECOMENDACIONES	77
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	79
VIII.	ANEXOS.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Estimación de la frecuencia y distribución de <i>M. dubia</i> en Perú sobre la base de los especímenes de los herbarios USM, HUT, HAO, AMAZ, CUZ, HUSA y observaciones en el campo	21
Tabla N° 2. Características diferenciales entre especies de <i>Myrciaria dubia</i> y <i>Myrciaria sp</i>	23
Tabla N° 3. Principales componentes del Epicarpio y Mesocarpio (Valores expresados en 100 g de materia fresca.	24
Tabla N° 4. Composición físico-química de pulpa de camu camu (Expresado en 100 g de materia fresca)	24
Tabla N° 5. Contenido de Ácido Ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100g) en pulpa de algunas frutas tropicales maduras	25
Tabla N° 6. Materiales de protección en la industria alimentaria	39
Tabla N° 7. Matriz de datos de análisis estadístico. Atomizado de camu camu ...	55
Tabla N° 8. Diseño estadístico: % vs Prueba, Encapsulante. Atomizado de camu camu.	57
Tabla N° 9. Cantidad de pulpa de camu camu recepcionada	60
Tabla N° 10. Porcentaje de encapsulantes usados para el proceso de atomizado de pulpa de camu camu	60
Tabla N° 11. Características físico químicas del atomizado de camu camu con cuatro coadyuvantes distintos.	62
Tabla N° 12. Parámetros de temperatura y tiempo del atomizado de camu camu con 4 coadyuvantes distintos.	63
Tabla N° 13. Determinación de sólidos iniciales de las muestras antes de entrar al atomizador.....	63
Tabla N° 14. Peso final de polvo obtenido después del atomizado de camu camu.	64
Tabla N° 15. Rendimiento del atomizado de camu camu con distintos encapsulantes.	64

Tabla N° 16. Coordenadas de color L*a*b obtenidas a partir del software ImageJ	65
Tabla N° 17. Parámetros cromáticos C* y h obtenidas a partir de las coordenadas L*a*b	65
Tabla N° 18. Determinación de Vitamina C en el atomizado de camu camu	66
Tabla N° 19. Porcentaje de Vitamina C en el atomizado de camu camu con distintos coadyuvantes.	67
Tabla N° 20. Solubilidad del atomizado de camu camu con encapsulantes distintos.	68
Tabla N° 21. Solubilidad del atomizado de camu camu con goma arábica a distintas temperaturas.	70
Tabla N° 22. Análisis de la varianza (ANOVA). Atomizado de camu camu con distintos encapsulantes.	72
Tabla N° 23. Comparación de la F calculada y crítica, prueba F de Fischer.	72
Tabla N° 24. Análisis de varianza (ANOVA). Modelo de Medias para el análisis % vs PRUEBA	73
Tabla N° 25. Comparaciones de TUKEY entre las pruebas realizadas en el atomizado de camu camu	73

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Estructura de ácido ascórbico y sus derivados	27
Figura N° 2. Estructura química de la oxidación del endiol a dicetona	28
Figura N° 3. Esquema general de los productos de la degradación oxidativa del AA. (AA: ácido ascórbico, AH-: monoanión ascorbato, ADA: ácido dehidroascórbico, DCG: ácido 2,3-dicetogulónico)	29
Figura N° 4. Esquema general de los mecanismos de las degradaciones oxidativas y anaeróbicas del ácido ascórbico.....	30
Figura N° 5. Esquema de un sistema de Spray Dryer	37
Figura N° 6. Diagrama de flujo de la elaboración del concentrado de camu camu	48
Figura N° 7. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Maltodextrina.....	49
Figura N° 8. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Almidón	50
Figura N° 9. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Goma Arábica	51
Figura N° 10. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Miel de Abeja.....	52
Figura N° 11. Atomizado de camu camu con Miel de Abeja.....	61
Figura N° 12. Solubilidad del atomizado de camu camu con distintos coadyuvantes	69
Figura N° 13. Curva de solubilidad del atomizado de camu camu con Goma Arábica.....	71

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. FOTOGRAFIAS DE LOS EMPAQUES DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	89
ANEXO 2. ATOMIZADOR UTILIZADO EN EL SECADO POR ASPERSION DEL CAMU CAMU	89
ANEXO 3. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON GOMA ARABIGA.....	89
ANEXO 4. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON ALMIDON DE ARROZ	89
ANEXO 5. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON MALTODEXTRINA	89
ANEXO 6. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON MIEL DE ABEJA (PRUEBA FALLIDA)	89
ANEXO 7. FOTOGRAFIAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LAS PRUEBAS DE SOLUBILIDAD	89
ANEXO 8. FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE SOLUBILIDAD DE ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON DIFERENTES ENCAPSULANTES.....	89
ANEXO 9. FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE SOLUBILIDAD DE ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON GOMA ARABIGA A DISTINTAS TEMPERATURAS	89
ANEXO 10. INFORME DE ENSAYO DE DETERMINACION DE VITAMINA C DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON GOMA ARABIGA.....	89
ANEXO 11. INFORME DE ENSAYO DE DETERMINACION DE VITAMINA C DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON ALMIDON DE ARROZ.	89
ANEXO 12. INFORME DE ENSAYO DE DETERMINACION DE VITAMINA C DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON MALTODEXTRINA	89
ANEXO 13. GRAFICAS DE RESIDUOS 4 EN 1. ANALISIS DE VARIANZA ANOVA: % vs PRUEBA, ENCAPSULANTE.....	89
ANEXO 14. GRAFICAS DE RESIDUOS 4 EN 1. ANALISIS DE VARIANZA ANOVA: % vs PRUEBA	89

ANEXO 15. GRAFICA DE ICs SIMULTANEOS DE 95% DE TUKEY (ANOVA: % VS PRUEBA)	89
ANEXO 16. GRAFICA DE INTERVALOS DE % VS PRUEBAS (ANOVA).....	89
ANEXO 17. EJEMPLO DE OBTENCION DE COORDENADAS RGB MEDIANTE EL USO DE IMAGEJ	89
ANEXO 18. EJEMPLO DE CONVERSION DE COORDENAS RGB A L*a*b USANDO NIX COLOR SENSOR.....	89

RESUMEN

En el presente estudio se sometió un concentrado de camu camu al secado por aspersión, al cual se le añadió cuatro tipos de agentes coadyuvantes los cuales fueron: maltodextrina, almidón de arroz, goma arábica y miel de abeja. La dosificación dependió de sus propiedades coadyuvantes y a su disolución en el concentrado de camu camu.

Luego de obtener el producto atomizado, se procedió a evaluar en cada muestra el rendimiento, solubilidad y concentración de vitamina C, con la finalidad de seleccionar el mejor agente coadyuvante.

Se determinó que el almidón de arroz es el mejor coadyuvante para que el concentrado de camu camu tenga un mayor rendimiento y concentración de vitamina C. El almidón de arroz (teniendo en cuenta mg Vitamina C/g de coadyuvante) obtuvo un elevado nivel de vitamina C: 4975.4 (mg Vitamina C/g de coadyuvante) con respecto a la maltodextrina (219.37 mg Vitamina C/ g de coadyuvante) y la goma arábica (744.21 mg Vitamina C/ g de coadyuvante).

Se calculó la solubilidad de las muestras a temperatura de ambiente (25 °C), teniendo como resultado una óptima solubilidad de las muestras: goma arábica (96.489%), almidón de arroz (94.072%) y maltodextrina (97.506%). Por otro lado, se tomó como encapsulante la goma arábica, determinándose la solubilidad de la misma. Esta última se sometió a distintas temperaturas (25, 40, 50 y 75°C) con el fin de obtener la curva de solubilidad.

Con la ayuda del programa ImageJ, se analizaron las imágenes de los atomizados de camu camu, calculando las coordenadas RGB que luego fueron convertidas a las coordenadas de color L*a*b.

Finalmente, mediante pruebas estadísticas, se analizaron las muestras para determinar las diferencias significativas entre estas para tenerlas en cuenta para investigaciones futuras que puedan complementar esta investigación.

Palabras claves: Camu camu, secado por aspersión, vitamina C, agentes coadyuvantes, colorimetría, solubilidad.

ABSTRACT

In the present study a camu camu concentrate was subjected to spray drying, to which 4 types of encapsulants were added, which were: maltodextrin, rice starch, gum arabic and honey. The dosage depended on its encapsulating properties and its dissolution in the camu camu concentrate.

After obtaining aerosolized product, we proceeded to assess at each shows the performance, solubility and concentration of vitamin C, with the purpose of selecting the best adjunctive agent.

It was determined that rice starch is the best adjuvant therapy for the concentrate of camu camu has increased performance and concentration of vitamin C. rice starch (taking into account mg Vitamin C/g of adjuvant) obtained a high level of vitamin C: 4975.4 (mg Vitamin C/g of adjuvant) with respect to the maltodextrin (219.37 mg Vitamin C/ g of adjuvant) and gum arabic (744.21 mg Vitamin C/ g of adjuvant).

The solubility of the samples calculated at room temperature (25°C), resulting in an optimal solubility of samples: gum arabic (96,489%), rice starch (94,072%) and maltodextrin (97,506%). Posteriority was found the solubility of gum arabic. The latter was submitted to different temperatures (25°C, 40°C, 50°C and 75°C) in order to obtain the curve of solubility.

With the help of the program ImageJ, analyzed the images of the atomised camu camu, calculating the RGB coordinates that were then converted to the coordinates of color L*a*b.

Finally, using statistical tests, samples were analyzed to determine the significant differences between these to take them into account for future research that can complement this research.

Key words: Camu camu, spray-dried, vitamin C, adjunctive agents, colorimetry, solubility.

I. INTRODUCCION

El camu camu *Myrciaria dubia*, es una especie nativa de la Amazonía peruana la cual crece de forma silvestre en las orillas de los ríos, mayormente en las zonas inundables por estas. Es por esta razón que lo convierte en un fruto semi-acuático la cual le da muchos aspectos positivos como resistencia a permanecer por mucho tiempo en lugares inundables, así como el acondicionamiento a suelos ácidos e infértiles característicos de zonas no inundables; haciendo que sea una excelente alternativa económica en su explotación.

El camu camu contiene varios componentes y nutrientes que poseen propiedades medicinales siendo la más relevante su alto poder antioxidante. Es importante saber que los antioxidantes son sustancias que combaten y neutralizan a los radicales libres ayudando a que estos disminuyan evitando el envejecimiento celular en los tejidos y en otras ocasiones previniendo la aparición de células cancerígenas. A pesar que nuestro organismo sintetiza estos antioxidantes, con el tiempo van disminuyendo cada vez más, es por eso que es necesario suplementar nuestra dieta diaria con alimentos que contengan estas sustancias.

En el sector agroalimentario, el camu camu ha despertado en estos últimos años un gran interés debido a su gran cantidad de ácido ascórbico. Según la FAO (2006), el camu camu contiene 2780 mg de ácido ascórbico / 100 g de pulpa, siendo 65 veces mayor que el limón y cualquier otro fruto.

El ácido ascórbico es un nutrimento importante debido a su capacidad antioxidante, ya que reduce los efectos adversos del oxígeno reactivo y nitrógeno reactivo que puede causar daños a las macromoléculas tales como lípidos, ADN y proteínas, que están relacionados con las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas (Naidu, 2003). Una deficiencia de vitamina C produce un debilitamiento de las estructuras de colágeno, causando la pérdida dentaria, acompañado de dolores, desórdenes en el tejido conectivo y en el hueso, y una mala curación de las heridas, las cuales son características del escorbuto (Torregrosa, 2006).

Para que el camu camu sea explotado de forma correcta, es necesario desarrollar investigaciones que permitan la obtención de productos de calidad y tratando de optimizar su costo. Una de estas alternativas es el secado por aspersion, un proceso el cual nos permite una deshidratación muy rápida disminuyendo el daño térmico y conservando sus propiedades funcionales y organolépticas; sin embargo, este tipo de tecnología no permite que se conserve todo el contenido de ácido ascórbico del camu camu, es por eso que se tiene que dar un buen acondicionamiento para que el producto no pierda tanto su propiedad más importante.

Los agentes coadyuvantes juegan un rol importante en este proceso de secado pues nos permite que no se pierda en su mayoría las propiedades organolépticas y funcionales del alimento, es por eso que si tiene que un buen acondicionamiento (el mejor encapsulante) del camu camu dará el producto con mayor cantidad de ácido ascórbico.

Es por eso, que el objetivo de esta investigación consiste en determinar el agente coadyuvante ideal que evite la mayor pérdida o degradación de vitamina C durante el proceso de secado por aspersion en el jugo de camu camu.

II. MARCO TEORICO

2.1 CAMU CAMU

2.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es una especie nativa de la Amazonía, crece principalmente en Perú, Colombia, Brasil y Venezuela en forma silvestre, su hábitat natural son los suelos aluviales inundables, crece en estado silvestre en las cochas, lagos, quebradas y tributarios del río Amazonas (Bustamante, 2000).

En la Amazonía peruana se halla en todas las riberas de lagunas y remansos de ríos de origen amazónicos como Nanay, Mazán, Ampiyacu, Pacaya, Samiria, Curaray, Lagarto cocha, Manatí, Orosa, Tahuayo, Tigre, Pucacuro como en los afluentes menores del Putumayo, Napo, Ucayali, Marañón, Yavarí, entre los principales (Inga & Encarnación, 2012).

Tabla N° 1. Estimación de la frecuencia y distribución de *M. dubia* en Perú sobre la base de los especímenes de los herbarios USM, HUT, HAO, AMAZ, CUZ, HUSA y observaciones en el campo

Departamento	# Ejemplares	# Provincias	Frecuencia estimada
Amazonas	-	0 / 0	desconocido
Cuzco	-	0 / 0	desconocido
Junín	-	0 / 0	desconocido
Loreto	26	3 / 6	localmente abundante
Madre de Dios	-	0 / 0	desconocido
San Martín	-	0 / 0	desconocido
Ucayali	1	1 / 4	raro

Fuente: Dostert *et al.* (2009)

2.1.2 TAXONOMÍA

Según Me. Vaugh (1968), citado por (Abanto, 2010) el camu camu se clasifica de la siguiente manera:

División: Fanerógama.

Sub. División: Angiospermas.

Clase: Dicotiledoneas.

Orden: Myrtales.

Familia: Myrtaceae.

Género: Myrciaria

Especie: Dubia.

Nombre científico: *Myrciaria dubia* HBK Me Vaugh.

Nombres Comunes: Camu camu, como como (Perú); cazari, araza de agua (Brasil); guayabo (Colombia); guayabito (Venezuela); camu plus (USA).

2.1.3 BOTÁNICA

Riva & Gonzales (1999); citados por Abanto (2010), manifiestan que el camu camu arbustivo es una planta que mide hasta 5 metros. Su raíz cónica alcanza 50 cm. de longitud con ramificaciones secundarias y está adaptada para soportar una excesiva humedad y fijar con eficiencia a la planta especialmente en épocas de creciente. El tallo y las ramas principales son glabros, las hojas son 4 simples y opuestas, aovadas, elípticas, lanceoladas, de 3 a 6 cm de largo por 1.5 cm de ancho, ápice

acuminado, base redondeada, bordes enteros y ligeramente ondulados, nervio central aplanado en el haz y ligeramente prominente en el envés, pecíolo de 3 a 8 mm de longitud y de 1 a 2 mm de diámetro. Las inflorescencias son axilares, con pétalos blancos de 3 a 4 mm de largo, los botones florales nacen en mayor porcentaje en las ramas crecidas en el año, estas flores a los 15 días se abren, se polinizan y dan origen a los frutos; estos frutos a los 5 a 7 días presentan el tamaño de la cabeza de un alfiler, el cual se desarrolla alcanzando un peso de 2 a 20g convirtiéndose luego en un atractivo fruto globoso, de coloración verde claro al principio, para tomarse en granate intenso. Cada fruto contiene de 1 a 4 semillas reniformes, de 8 a 15 mm de largo por 5.5 a 11 mm de ancho, aplanados y cubiertos por una lámina de fibrillas blancas; sin embargo, existe un tipo más de camu camu diferente al mencionado (tipo arbustivo), es uno de tipo arbóreo que generalmente es localizado en los pantanos de aguas quietas con drenaje inadecuado ya sean inundables o no inundables.

Villachica (1996), menciona que esta especie arbórea (*Myrciaria sp.*) tiene un contenido de ácido ascórbico menor al de la *Myrciaria dubia*, así como otras características como el color intenso del fruto (rojo acercándose a marrón) y el tamaño (por encima de los 23 gramos) tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla N° 2. Características diferenciales entre especies de *Myrciaria dubia* y *Myrciaria sp*

CARACTERISTICAS	<i>Myrciaria dubia</i>	<i>Myrciaria sp.</i>
Porte de planta	Arbusto	Árbol
Época de cosecha	Diciembre - Marzo	Marzo - Mayo
Peso del fruto	10 - 20 g	23 - 40 g
Color del fruto	Rojo intenso a morado	Morado a marrón
Cáscara del fruto	Apergaminada	Semi-leñosa
Color de semilla	Amarillenta	Rosada
Tamaño de semilla	Pequeña	Grande
Forma de semilla	Chata, reniforme	Ovalada, dura
Semillas por fruto	1- 4	1- 2
Contenido de Ac. Ascórbico	Alto	Medio
Altura	Hasta 8 m	Hasta 13 m

Fuente: Villachica (1996)

2.1.4 CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS

En la Tabla 3 se muestra los principales componentes del fruto encontrados en el epicarpio y mesocarpio: humedad, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, antocianinas y flavonoides.

Tabla N° 3. Principales componentes del Epicarpio y Mesocarpio (Valores expresados en 100 g de materia fresca).

CARACTERISTICA	EPICARPIO	MESOCARPIO
Humedad (g/100g)	88.26 ± 0.27	93.45 ± 0.27
Ácido ascórbico (mg/100 g)*	3092.62 ± 35.11	1640.57 ± 8.28
Ácido ascórbico (mg/100 g)**	3064.01 ± 70.31	1637.16 ± 12.87
Compuestos fenólicos (mg/100g)	1344.72 ± 118.76	553.58 ± 5.10
Antocianinas (mg/100g)	181.38 ± 10.78	0.14 ± 0.01
Flavonoides (mg/100g)	143.27 ± 8.08	0.40 ± 0.02

*Frutos al natural **Frutos blanqueados
Fuente: Maeda et al (2006)

En la tabla N°4 se muestra la composición físico-química del camu camu durante el pulpeado. Aquí se puede observar un incremento de vitamina C en la pulpa.

Tabla N° 4. Composición físico-química de pulpa de camu camu (Expresado en 100 g de materia fresca)

COMPONENTES	Media±DP	COMPONENTES	Media±DP
Humedad (g/100g)	92.65±0.03	Sólidos solubles (°Brix)	6.2±0.00
Lípidos (g/100g)	0.05±0.01	Acidez (g/100g)	3.4±0.06
Proteína (g/100g)	0.29±0.00	Ácido Ascórbico (mg/100g)	2585.4±8.41
Azúcares reductores (g/100g)	2.96±0.00	Compuestos fenólicos (mg/100g)	861.7±64.13
Azúcares totales (g/100g)	4.47±0.03	Antocianinas (mg/100g)	9.98±0.19
pH	2.64±0.01	Flavonoides (mg/100g)	6.54±0.30

Fuente: Maeda et al (2006)

En la Tabla N°5, se compara al camu camu con otras frutas respecto al contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos. Se puede apreciar que la diferencia de contenido de ácido ascórbico respecto a las demás frutas es muy por encima de estos. Por ejemplo, el contenido de ácido ascórbico del camu camu es más del doble que la acerola y hasta 60 veces superior al jugo de limón (Villachica, 1996).

Tabla N° 5. Contenido de Ácido Ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100g) en pulpa de algunas frutas tropicales maduras

FRUTA	Ácido Ascórbico (mg/100g)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
Piña	20	0.4	9.8
Maracuyá (jugo)	22	0.9	15.8
Fresa	42	0.7	8.9
Limón (jugo)	44	0.5	9.7
Guayaba	60	0.5	14.9
Naranja ácida	92	0.6	10.1
Acerola (total)	1300	0.7	6.9
Camu-camu	2780	0.5	5.9

Fuente: Villachica (1996)

2.1.5 PIGMENTOS EN EL CAMU CAMU

El color del camu-camu es uno de los atributos de calidad que más atraen al consumidor siendo, muchas veces, decisivo en la compra de éste y se constituye como indicador relevante para evaluar si las condiciones de almacenamiento están garantizando su calidad (Francis, 1983).

El camu-camu es uno de los frutos que tiene sus pigmentos en la cáscara. En algunos otros, la síntesis de los pigmentos requiere calidad e intensidad de luz, sufriendo también influencia de la temperatura. La fotosíntesis es el metabolismo de los carbohidratos y controlan la síntesis de las antocianinas y flavonoides (Chitarra & Chitarra, 1990).

Los pigmentos principales del camu camu son las antocianinas, responsables de la coloración del fruto (rojizo-púrpura) maduro. El contenido de antocianinas puede estar aproximadamente entre los 9 a 181 mg/100g, tal como lo muestran las Tablas N°3 y 4. También entre otras investigaciones como por ejemplo la de (Zanatta & Mercadante, 2007), determinó la composición de antocianinas del camu-camu por HPLC-DAD, separó e identificó 9 antocianinas, siendo la cianidina-3-glucósido la mayoritaria (88% del total) y luego aparece la delfinidina-3-glucósido que contribuyó con 4 - 5% del total de las antocianinas. El contenido total de antocianinas varió de 30.1 - 56.4 mg/100g en los frutos.

2.1.6 SOLUBILIDAD

La solubilidad es una medida de la capacidad de disolverse una determinada sustancia (solute) en un determinado medio (solvente). Los factores que afectan la solubilidad de los sólidos en líquidos son las fuerzas intermoleculares entre el soluto, solvente y la temperatura (Ceballos, 2008), El efecto de la temperatura se puede predecir basándose en el principio de Le Chatelier. Si bajo condiciones de equilibrio el calor total de disolución es exotérmico, la solubilidad disminuye con el aumento de temperatura y en forma inversa, si es endotérmico, la solubilidad aumenta con el aumento de la temperatura.

La agitación y la pulverización no aumentan la solubilidad de un sólido en un líquido, solo aceleran la llegada del punto de saturación. La solubilidad de equilibrio a temperatura constante de una sustancia, es la solubilidad de su forma más estable en equilibrio con su solución y es la forma en que se obtiene el más alto punto de fusión (Mortimer, 1983). Varias investigaciones han establecido correlaciones entre la duración y la severidad del proceso de secado por la velocidad y grado de rehidratación, indicando que hay una rehidratación más rápida y completa con la disminución del tiempo de secado. Esto se explica por un menor encogimiento durante el secado rápido de sólidos y por lo tanto por la presencia de paredes

intercelulares definidas vacías que promueven el incremento del promedio de rehidratación (Ceballos, 2008).

2.2 ACIDO ASCORBICO

2.2.1 CARACTERISTICA Y ESTRUCTURA

La vitamina C es soluble en agua, lo que significa que su exceso se elimina a través de la orina. Su más alta concentración en los órganos corporales se halla en las glándulas suprarrenales, partes del ojo, músculos y grasa corporal.

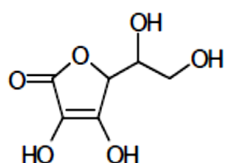
La vitamina C es la más vulnerable ya que la destruyen múltiples factores como; el contacto con el oxígeno, el agua clorada, el cobre de las tuberías, el contacto con la luz, la cocción (la destruye en un 40%), la larga conservación y almacenamiento, dejar los vegetales en remojo y el humo del cigarrillo (Ayala, 2013).

El ácido ascórbico (vitamina C) contiene varios elementos estructurales que contribuyen a su comportamiento químico: la estructura de la lactona y dos grupos hidroxilos enólicos, así como un grupo alcohol primario y secundario. La estructura endiol motiva sus cualidades antioxidantes, ya que los endioles pueden ser oxidados fácilmente a dicetonas. Por eso, los endioles con grupos carbonilo vecinos se llaman también reductonas.

Figura N° 1. Estructura de ácido ascórbico y sus derivados

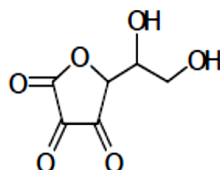
Ácido L-ascórbico:

(PM=176.13)



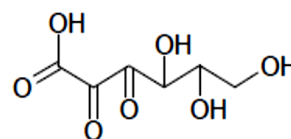
Acido L-dehidroascórbico:

(PM=174.11)



Acido L-dicetogulónico:

(PM=192.13)



Fuente: Torregrosa (2006)

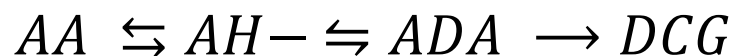
frescas, particularmente las cítricas, además de tomates, pimiento verde, entre otras verduras. También menciona que frutos como el camu camu, acerola, marañón, guayaba y grosella negra también son frutos ricos en vitamina C por lo que estas deben ser incluidas en la dieta.

2.2.2 DEGRADACION QUIMICA DEL ACIDO ASCORBICO

Debido a su estructura química el Ácido Ascórbico es muy sensible a la degradación. Numerosos factores influyen en los mecanismos degradativos, entre ellos el pH, la concentración de oxígeno, las enzimas, los catalizadores metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación Ácido Ascórbico – Acido Dehidroascórbico (Serra & Cafaro, 2007).

La degradación del AA se lleva a cabo mediante procesos oxidativos que resultan de la transferencia de dos electrones. Primeramente se origina el monoanión ascorbato (AH⁻), el cual, con la pérdida adicional de un segundo electrón, forma el ADA, altamente inestable y susceptible a la hidrólisis del anillo lactona, que se hidroliza con gran facilidad para producir ácido 2,3-dicetogulónico (DCG), que posteriormente se degrada por decarboxilación, con la consiguiente pérdida del valor nutricional del AA (Serra & Cafaro, 2007).

Figura N° 3. Esquema general de los productos de la degradación oxidativa del AA. (AA: ácido ascórbico, AH⁻: monoanión ascorbato, ADA: ácido dehidroascórbico, DCG: ácido 2,3-dicetogulónico)

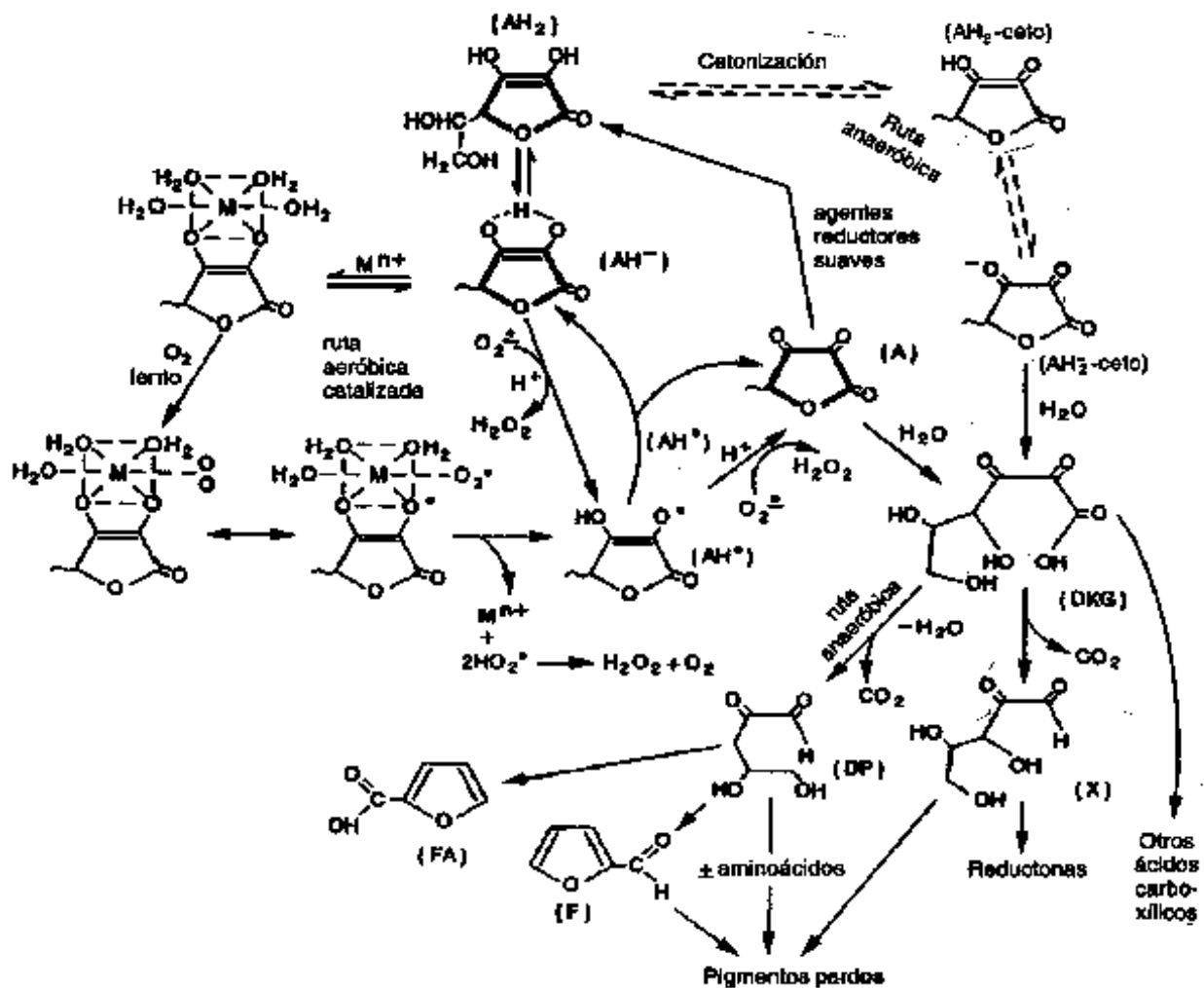


Fuente: Serra & Cafaro (2007)

El ácido ascórbico es soluble en agua, se pierde fácilmente por lixiviación en las superficies cortadas y trituradas de los alimentos; sin embargo, en los alimentos elaborados las pérdidas son más importantes después de la manipulación por la

degradación química. En los alimentos ricos en esta vitamina, generalmente la pérdida va asociada al pardeamiento no enzimático. La pérdida de ácido ascórbico en diversos productos comercialmente envasados, se ajusta a la cinética de primer orden en el intervalo de temperatura entre -5 y 20°C, con una dependencia de la temperatura de acuerdo a la ecuación de Arrhenius (Fennema, 2008).

Figura N° 4. Esquema general de los mecanismos de las degradaciones oxidativas y anaeróbicas del ácido ascórbico.



Fuente: Fennema (2008)

NOTA: Las estructuras en negrita son fuente primaria de vitamina C.

La vitamina C se degrada hasta ácido 2.3-dicetogulónico, generalmente la pérdida de esta vitamina es relacionada a la conversión de L-ácido ascórbico a dehidro- L-ácido ascórbico por el oxígeno en el producto antes o durante el proceso térmico, dependiendo de la severidad de éste. Los catalizadores son por los iones de metales pesados o por las enzimas ácido ascórbico oxidasa, fenolasa, citocromo oxidasa y enzimas peroxidasas que se desnaturalizan en el proceso térmico dando un producto con nivel alto de ácido ascórbico en comparación con uno que no se trató. La formación del ácido dicetugulónico, es prácticamente instantánea a pH alcalino, rápida a pH neutro y lenta en condiciones ácidas. Asimismo que en la elaboración de zumos asegura la estabilidad de la vitamina C (Lewis & Heppell, 2000).

Las pérdidas durante la pasteurización tienen importancia en los productos de fruta y su contenido de ácido ascórbico. La vitamina C tiene gran importancia en los productos de frutas, no sólo por su valor nutritivo, sino también por constituir un índice de apreciación de las pérdidas de otras vitaminas y servir como criterio válido de la conservación de otros componentes sensoriales y nutrimentales como pigmentos naturales y sustancias aromáticas. En su destrucción el ácido ascórbico provee grupos carbonilos para que continúe la reacción. En esta serie de transformaciones también se generan diversos compuestos, algunos de bajo peso molecular, que contribuyen al olor característico del alimento que ha sufrido esta modificación. Este mecanismo se complica considerablemente si hay azúcares reductores y aminoácidos que favorecen diversas rutas de degradación, es decir la pérdida del ácido ascórbico, además de sus consecuencias nutricionales, también lleva consigo sobre todo en frutas cítricas y sus derivados, una generación de olores indeseables y un oscurecimiento (Rodrigo *et al.*, 1980).

2.2.3 ESTABILIDAD DEL ACIDO ASCORBICO EN LOS ALIMENTOS

Las principales fuentes de ácido ascórbico son las frutas y las verduras, frutas particularmente cítricos y hortalizas de hoja; sin embargo, el ácido ascórbico se

considera la vitamina más sujeta a la degradación por exposición al calor, y se someten a cambios acelerados por la presencia de oxígeno y pH entre otras condiciones. Por lo tanto, el ácido ascórbico está sujeto a pérdidas significativas durante el almacenamiento o procesamiento, se oxida química o enzimáticamente a ácido dehidroascórbico, que tiene actividad de vitamina, pero todavía es menos estable y se somete a la oxidación de ácido dicetogulónico, que degrada en diferentes productos, tales como el ácido oxálico, ácido xilónico y xilosa. Se sabe que muchos factores que afectan la estabilidad del ácido ascórbico durante el almacenamiento, incluyendo pH, la presencia de iones de oxígeno, metal y temperatura (Phillips *et al.*, 2010).

Badui (2006), menciona que el ácido ascórbico es una de las vitaminas más débiles e inestables ya que puede ser degradada a través de muchas vías, siendo la oxidación y la degradación térmica las más importantes. Esto se debe a la alta sensibilidad del ácido ascórbico, a tal punto que investigadores propusieron usar el contenido residual de esta vitamina como índice de retención de nutrientes, en el cual se llega a la conclusión de que si esta vitamina resiste al tratamiento térmico durante el proceso de un alimento, el resto de vitaminas o nutrientes serán menos afectados.

Lesková (2006), menciona que, las vitaminas son inestables en los alimentos. Las condiciones en el procesado y cocinado causan pérdidas de vitaminas. Las pérdidas pueden variar según el método de cocinado y el tipo de alimento. La degradación de las vitaminas depende de parámetros específicos durante los procesos culinarios, es decir, la temperatura, oxígeno, luz, humedad, pH y obviamente la duración del tratamiento térmico.

La estabilidad del ácido ascórbico aumenta a medida que disminuye la temperatura del alimento, diversas investigaciones han señalado la posibilidad de que se produzca pérdida acelerada por congelamiento o almacenamiento en frío. La ingesta diaria recomendada para adultos es de 60 mg/día, si bien en la actualidad

se aconseja aumentar esta cantidad con el fin de ser más efectiva frente a los procesos de envejecimiento. Es importante destacar que la ingesta de zumos de frutas aporta al organismo el 21% de vitamina C diaria, mientras que el consumo global de frutas y hortalizas aporta el 45% del total (Ancos, 2002).

En los jugos deshidratados, la degradación del ácido ascórbico depende únicamente de la temperatura y la humedad. Además, aunque por lo general, la estabilidad del ácido ascórbico aumenta a medida que disminuye la temperatura del alimento, diversas investigaciones señalan la posibilidad de que se produzca pérdida acelerada por congelación o almacenamiento en frío. Se ha demostrado que esto es improbable para la mayoría de alimentos, aunque temperaturas de almacenamiento superiores a -18 °C pueden, finalmente ocasionar considerables pérdidas (Fennema, 2008).

(Dennison & Kirk, 1978), citado por (Casanova, 2013); estudiaron la degradación del ácido ascórbico en un sistema modelo de alimento deshidratado, considerándose en el estudio la reducción de la estabilidad del ácido ascórbico total como una función de la actividad de agua, contenido de humedad, oxígeno y temperatura de almacenamiento, en el cual determinaron que para todas las condiciones de almacenamiento, la velocidad de destrucción del ácido ascórbico respondió a una función cinética de primer orden:

$$\frac{dC}{dt} = K \cdot C^n \dots (1)$$

Asimismo, determinaron que la velocidad de destrucción del ácido ascórbico es dependiente de la actividad de agua (principalmente), contenido de humedad y temperatura de almacenamiento, al ser almacenados en contenedores sin espacio

de cabeza. La velocidad de destrucción del ácido ascórbico se incrementó dramáticamente debido a la presencia de oxígeno.

2.3 SECADO POR ASPERSION O SPRAY DRYING

2.3.1 PROCESO DE SECADO POR ASPERSION

El proceso de secado por atomización es una operación básica que consiste en la transformación de una suspensión o disolución en un material seco particulado, mediante la atomización del primero en un medio caliente y seco (Masters, 1991). El secado por atomización de gotas es utilizado en muchas aplicaciones industriales de los sectores cerámico, químico, alimentario, farmacéutico.

Cada proceso industrial y uso posterior del polvo atomizado obtenido requiere de unas propiedades determinadas, que sean óptimas para la aplicación en cuestión. Por ejemplo, en industria farmacéutica se desea producir gránulos huecos y porosos que actúen como portadores de fármacos (Hadinoto, 2006). Por el contrario, para optimizar el proceso de proyección por plasma de materiales, es necesario hacer uso de gránulos de elevada densidad y compacidad (Schrijnemakers, 2009). En el caso de la industria de detergentes, la microestructura interna y la porosidad de los gránulos también debe ser la adecuada para permitir la retención de agentes activos en su interior (Meenan, 1997).

Debido al elevado número de variables que influyen en la cinética de secado y en las propiedades del producto final se pueden obtener materiales granulados de características muy diferentes en función de las condiciones experimentales bajo las cuales se lleve a cabo el proceso de secado. Es por esto que resulta de gran interés el hecho de poder controlar, cuantificar y modelar la influencia que ejerce cada variable en la cinética de secado y en las propiedades finales del gránulo, y así producir materiales de características óptimas para cada aplicación en cuestión. De las etapas presentes en el proceso de secado por atomización, es durante la evaporación cuando tienen lugar todas las transformaciones físico estructural que

confieren al gránulo la microestructura y geometría final y por lo tanto determina sus propiedades físicas. Es por esto que el estudio de dicha etapa resulta de gran interés con el fin de poder controlar y predecir las características del material resultante (Mondragón, 2013).

Heldman & Lund (2007), mencionan que en el secado por atomización los alimentos son transformados de líquidos bombeables a polvo seco. El líquido se bombea a través de una boquilla donde es atomizado. Las gotas se secan por aire caliente, ya que corresponden a la parte inferior de la cámara. El secado por atomización es especialmente ventajoso para los productos sensibles al calor, porque las partículas nunca son sometidas a una temperatura superior a la temperatura de bulbo húmedo del aire de secado y su tiempo de residencia es corto, generalmente entre tres y treinta segundos. El secado por aspersión es de fácil operación dividido en tres procesos distintos: la atomización, secado a través del contacto entre las gotitas de aire caliente y la recuperación del producto por la separación del secado del aire. La configuración del secador y las propiedades de la materia prima determinan las condiciones de operación necesarios para proporcionar una alta calidad al producto. Además, mencionan que el tipo de atomizador es importante porque determina la energía que se necesita para formar el spray, el tamaño y distribución de gotas, el área de transferencia de calor, velocidad de secado, trayectoria de la gota y tamaño final del producto.

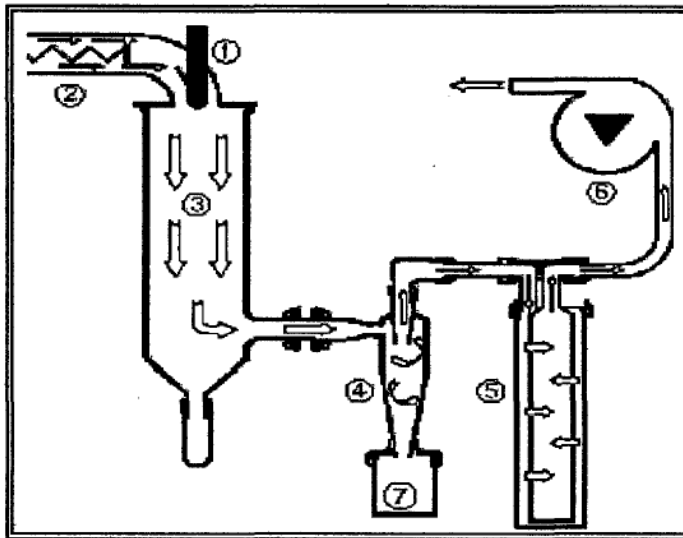
Para la recuperación y recepción del producto, Sharma, Mulvaney & Rizvi (2003), mencionan que se utilizan los ciclones ya que son muy eficientes, requieren poco mantenimiento y son fáciles de lavar. Un ciclón es una cámara cónica en la que una mezcla de aire y producto entran tangencialmente a alta velocidad haciendo que la mezcla gire. El aire más ligero se mueve hacia el centro y sale por la parte superior.

Por otro lado, Heldman & Lund (2007), señalan que hay muchas maneras de recoger el producto secado. Si el producto es separado desde el aire en la parte inferior de la cámara cónica, es continuamente removido a través de una válvula

rotativa o tornillo transportador. Es común para la mayor parte de productos que siguen siendo arrastrados en la corriente de aire; ciclones, seguido de filtros de bolsa o depuradores húmedos, son utilizados para recuperar el producto, siendo la eficiencia de un ciclón de 98 a 99%.

Valgas (2007), menciona que un sistema de Spray Dryer puede ser explicado siguiendo el esquema presentado en la Figura N° 5. Por un sistema de bombeado, la suspensión es aspirada hasta la parte superior, siendo calentada (2) hasta una temperatura (de entrada o "INLET"), apropiada para atomización. A través de una boquilla (o boquilla de aspersion) (1) con salida para los dos fluidos, la suspensión y el gas (aire o N₂) son inyectados al mismo tiempo en la cámara de secado (3). El proceso de atomización es iniciado cuando la masa líquida, sobre efecto de compresión del gas, es goteada por el pequeño orificio de la boquilla y es secada por el efecto de la temperatura. Debido a un sistema de succión (6), el polvo atomizado pasa por un reservorio donde el gas se mueve de forma circular, formando un ciclón (4), que sirve para separar partículas finas de los aglomerados. Los aglomerados, más pesados, se depositan por gravedad en el colector de producto (7), y los finos siguen el flujo de succión hasta que queden retenidos en un filtro (5).

Figura N° 5. Esquema de un sistema de Spray Dryer



(1) boquilla para dos fluidos; (2) sistema de calentamiento de la suspensión; (3) cámara de secado; (4) ciclón para separación de partículas; (5) filtro de remoción de las partículas finas; (6) aspirador para generación de flujo; (7) colector de producto.

Fuente: Valgas (2007)

2.3.2 USO DE LOS SECADORES POR ATOMIZACION EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

El secado por aspersion es generalmente usado en la industria alimenticia para disminuir el contenido de humedad y la actividad acuosa, asegurar una estabilidad microbiológica de los productos, evitar el riesgo de degradaciones químicas y/o biológicas, reducir los costos de transporte y almacenamiento, y obtener un producto con propiedades específicas como por ejemplo la solubilidad instantánea. Dentro de los parámetros más importantes a controlar durante el secado por aspersion se encuentran: las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación del producto a secar, el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima (García, Gonzalés, Ochoa, & Medrano, 2004).

Heldman & Lund (2007), señalan que cada tipo de producto alimenticio secado por atomización, tiene su propio conjunto de desafíos. Por ejemplo, saborizantes de alimentos deben ser combinados con gomas y carbohidratos comestibles antes de su secado para evitar pérdidas de componentes volátiles.

2.3.3 FACTORES DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

La retención de compuestos volátiles es un problema para la mayoría de los productos alimenticios secados por atomización. La pérdida de los materiales volátiles es minimizada por el aumento de diámetro de las partículas, disminuyendo la temperatura de alimentación (disminuye el coeficiente de difusión de la fase líquida), y la disminución de la temperatura del aire (minimizar la expansión de partículas). La degradación térmica podría ser un problema para las gotitas que se mantengan en la parte caliente del atomizador durante demasiado tiempo. Si la tasa de caída y tiempo son muy largos y las gotitas permanecen a una temperatura más alta por mucho tiempo, la degradación térmica es más probable. Pruebas experimentales seguidas por una optimización es el mejor enfoque para evitar la disminución de la calidad de los productos (Heldman & Lund, 2007).

2.4 AGENTES COADYUVANTES DEL SECADO

Los alimentos pueden ser protegidos de la pérdida de sustancias volátiles o de reacciones con otros ingredientes al ser encapsulados con materiales protectores comestibles. Esto puede ser realizado por un atomizado con materiales emulsificantes tales como gelatina, maltodextrina, goma arábiga y otros materiales comestibles, para formar una capa protectora delgada alrededor de cada partícula del alimento, a la cual se denomina micro encapsulación (Potter & Hotchkiss, 1998).

Los materiales de protección se definen como materiales que se aplican sobre una superficie y aparece ya sea como una película continua o discontinua, después del secado. Las propiedades de las películas de recubrimiento están determinadas según el tipo de aglomerantes, pigmentos y aditivos que se emplean en la

formulación. Algunos factores que se espera que mejoren los materiales de protección corresponden a durabilidad, reproducibilidad, fácil aplicación y que tenga una relación costo efectividad aceptable y que sea amigable con el medio ambiente. Un material de cobertura eficiente debe tener buenas propiedades reológicas, fácil manipulación durante el proceso y debe ser seleccionado tal que produzca una dispersión con el ingrediente activo y que además no reaccione o degrade el material activo durante el proceso y el almacenamiento. Las sustancias de recubrimiento son básicamente materiales de película que se diseñan con el fin de proteger el producto de ciertos factores específicos como oxidación, temperaturas sensibles, para prevenir sus interacciones con otros ingredientes, para disminuir pérdidas de volátiles y para permitir la liberación controlada de las sustancias (Barbosa *et al.*, 2005; Ghosh, 2006). Según Desai *et al.*, (2005), algunos materiales de protección para aditivos de alimentarios funcionales son los que se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla N° 6. Materiales de protección en la industria alimentaria

Categoría	Materiales de Protección	Métodos
Carbohidratos	Almidón, maltodextrinas, chitosan, sólidos de jarabe de maíz, dextrano, almidón modificado, ciclodextrinas.	Secado por atomización, aspersión por enfriamiento, extrusión, coacervación, inclusión molecular.
Celulosa	Carboximetilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, celulosa acetato-ftalato, celulosa acetato-butirato-ftalato.	Coacervación, secado por aspersión, y películas comestibles.
Goma	Goma arábica, agar, alginato de sodio, carragenina.	Secado por aspersión, método de la jeringa.
Lípidos	Cera, parafina, cera de abejas, diacilgliceroles, aceites, grasas.	Emulsión, liposomas, formación de película.
Proteína	Gluten, caseína, gelatina, albúmina, péptidos.	Emulsión, secado por aspersión.

Fuente: Desai *et al.*, (2005)

Las materias primas ricas en azúcares y ácidos de bajo peso molecular (\downarrow PM), como los jugos de frutas, son difíciles de atomizar, pues producen polvos muy higroscópicos, susceptibles a la aglomeración y problemas de fluidez. A las temperaturas de trabajo del secado por atomización, tales compuestos tienden a presentar problemas de adhesión a las paredes de la cámara de secado, luego de cohesión (adhesión de las partículas entre sí), pudiendo producir un producto pastoso en vez de un polvo (Reos, 1995, Bhandari et al., 1997). Como consecuencia, puede comprometerse la estabilidad del producto, reducción del rendimiento del proceso (debido a la adhesión en las paredes del secador), pudiendo causar problemas operacionales en el equipo (Bhandari et al., 1997). Esta alta higroscopicidad es explicada por el hecho de que los azúcares y ácidos de bajo peso molecular (\downarrow PM) tienen bajas temperatura de transición vítrea (T_g), tornándose pegajosas a la temperatura de secado (Bhandari & Harte, 2005).

Fennema (2008), menciona que el uso de hidrocoloides es para proporcionar características texturales, estructurales y funcionales a los alimentos. Pero la elección del encapsulante dependerá del método de encapsulado a emplear y del modo de salida deseada.

2.4.1 GOMA ARABIGA COMO AGENTE COADYUVANTE

(Fennema, 2008) señala que la goma arábica, por su fácil y rápida solubilidad en agua, facilita la reconstitución de los productos deshidratados y de concentrados de aromas; la propiedad de suspender y estabilizar emulsiones, se debe a la formación de una envoltura del coloide protector alrededor de las gotitas del producto, protegiéndolos de la humedad, la pérdida por evaporación y la oxidación química; sin embargo, su principal desventaja está en el costo, asociado a la baja disponibilidad y limitaciones en la protección contra la oxidación (Inglett et al., 1988). La goma arábica ha sido históricamente utilizada como material de pared, pero debido a las fluctuaciones en el mercado y aumento en los costos, otros materiales

han sido examinados para sustitución en los procesos de microencapsulación por spray drying.

2.4.2 ALMIDON COMO AGENTE COADYUVANTE

Los almidones tienen la capacidad de capturar moléculas de aromas, produciendo complejos bastante estables. En tal sentido, se utilizan almidones hidrofílicos, de modo que el almidón hidrolizado no ofrece propiedades emulsificantes a los ingredientes encapsulados. Para que un almidón pueda actuar como emulsificantes, éste debe tener grupos hidrofílicos e lipofílicos. Los almidones modificados usualmente adoptados en la encapsulación de alimentos fueron químicamente modificados, de forma a incorporar grupos lipofílicos en sus moléculas (Shahidi & Han, 1993).

Inglett et al. (1988) y Reineccius (1991), mencionan que los almidones modificados han mostrado una excelente retención de compuestos volátiles durante el secado, luego de proporcionar una óptima estabilidad en la emulsión. Por eso, ejercen baja protección contra la oxidación durante el almacenamiento. King & Perry (1976), mencionan que los almidones modificados tienen la capacidad de mezclarse con baja consistencia, evitando que las partículas se aglomeren y que aparezcan películas antes del secado por atomización.

2.4.3 MALTODEXTRINA COMO AGENTE COADYUVANTE

La FDA (Food and Drug Administration) estableció la fórmula de las maltodextrinas, son almidones obtenidos por hidrólisis del almidón, $(C_6H_{12}O_5)_n$ como un polímero sacárido nutritivo no dulce, que consiste de unidades de O-glucosa unidas principalmente por cadenas α - 1-4, se presenta como un polvo blanco o solución concentrada. (Kenyon, 1995), define como Dextrosa Equivalente (DE) al grado de hidrólisis de la molécula de almidón. Shahidi y Han (1993) y Reineccius (1991)

clasificaron a las maltodextrinas como almidones parcialmente hidrolizados con dextrosa equivalente (DE) inferior a 20.

Las maltodextrinas con DE inferiores a 20, poseen baja higroscopicidad, los materiales encapsulados con este producto resultan en polvos con flujo libre, el aumento de los sólidos en la alimentación del atomizador puede aumentar la eficiencia económica de la operación. Las soluciones con maltodextrina presentan baja viscosidad, excelente solubilidad en agua fría y facilitan la liberación del material activo, aliado a estas propiedades se suma el bajo costo relativo (Shahidi & Han, 1993).

2.4.4 CERAS COMO AGENTES COADYUVANTES

De acuerdo a Lakkis (2007), los componentes o agentes encapsulados, se clasifican en diversas categorías, haciendo mención a las ceras y lípidos: cera de abeja, ceras de carnauba y candelilla, emulsiones de micro y macro cera, diestearato de glicerol, grasas naturales y modificadas.

2.5 ANALISIS DEL COLOR

Francis (1983) citado por Dib Taxi (2001), mencionan que se puede determinar las medidas del color mediante las alteraciones que pueden sufrir los pigmentos del alimento. La medida instrumental suele ser más práctica y eficiente en comparación con el análisis químico.

La normalización de las unidades de luz y color fue decidida en Paris en 1931, en una reunión de la Comisión Internacional d'Eclairage {CIE}, donde fue establecida una nomenclatura en un espacio de color {método para expresar al color de un objeto o fuente de luz} basados en los valores triestímulo XYZ. Un colorímetro triestímulo simple es formado, básicamente, por una luz blanca de una fuente patrón establecida por la CIE, que incide sobre la muestra y sufre una reflexión difusa en un ángulo de 45°, donde es medida en una fotocélula, después pasa por filtros (X,

Y y Z) que simulan las curvas de un observador patrón (a un ángulo de 2 o 10°). La luz incidente en la fotocélula es modificada y proporciona lecturas que simulan lo que los ojos ven (Dib Taxi, 2001).

El espacio de color CIEiab (L^* , a^* y b^*) es una de las modificaciones del sistema del colorímetro triestímulos, juntamente con el sistema Hunter (L , a y b). Este fue definido en 1971 con el objetivo de uniformizar las diferencias de color determinadas instrumentalmente con las diferencias visuales. En este espacio de color, se hace las lecturas de los valores de L^* (luminosidad), de las coordenadas de cromaticidad: a^* (intensidad de los colores rojo y verde) y b^* (intensidad de los colores amarillo y azul) y de los valores de ΔE (diferencia total del color). Los valores de esas variaciones se refieren a las diferencias entre la muestra que está siendo analizada, en determinado tiempo y la muestra considerada como patrón (Hunter, 1975). Luego de unos años, Chua *et al.* (2000) determinaron la diferencia total del color (ΔE) en piezas de banana, guaba y papas con la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

Donde:

ΔE = Diferencia total del color

L^* = Luminosidad Final

L_0^* = Luminosidad inicial

a^* = Intensidad de color rojo y verde final

a_0^* = Intensidad de color rojo y verde inicial

b^* = Intensidad de color amarillo y azul final

b_0^* = Intensidad de color amarillo y azul inicial

A partir de las coordenadas de color a^* y b^* obtenidas por colorimetría se calculan los parámetros cromáticos C^* y h° utilizando las ecuaciones (Savadkoochi, Hoogenkamp, Shamsi, & Farahnaky, 2014):

$$h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1 MATERIA PRIMA

La procedencia de la materia prima utilizada fue de la región Ucayali, ciudad de Pucallpa, Perú.

3.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza Electrónica de plataforma. Marca: A1. Modelo S100
- Marmita pequeña (Laboratorio ULCB)
- Concentrador de bola
- Licuadora
- Atomizador Marca: Niro de 10 lts/h de capacidad
- Refractómetro de Baja densidad.
- Esterilizadora Memmert. Modelo UN 55
- Caldero de vapor de 50 BTU. Marca :Niro
- Baldes de 10 L
- Mesa de acero inoxidable
- Agitador magnético marca: CAT. Modelo M6
- Centrifuga marca: INDUMELAB.
- Balanza analítica marca Henkel. Precisión 300/0.001g.

3.1.3 INSUMOS Y REACTIVOS

- Maltodextrina de maíz. (Insumo proveniente y otorgado por el INDDA)
- Goma arábica
- Almidón de arroz
- Miel de abeja
- Agua destilada

3.2 METODOLOGÍA

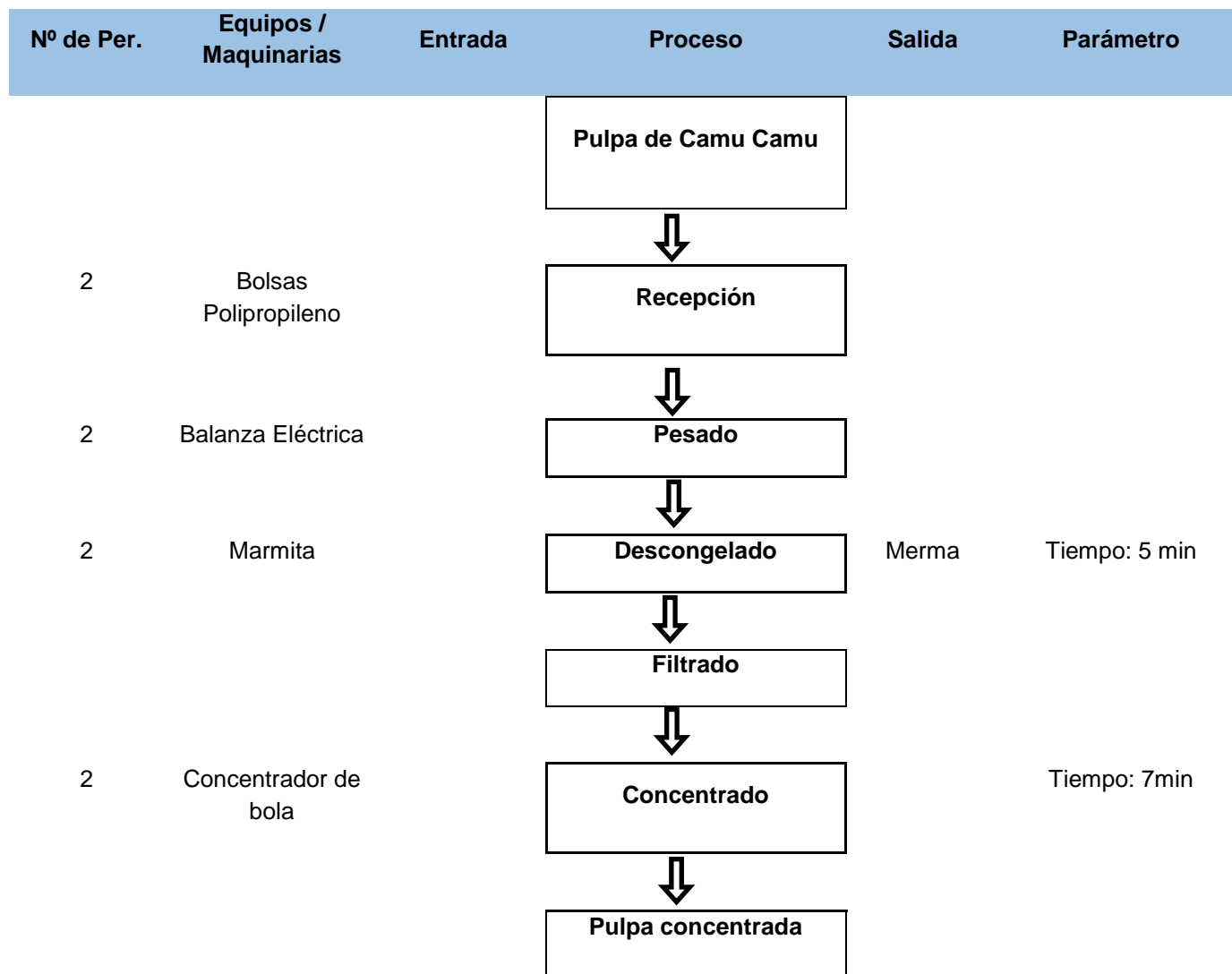
3.2.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.2.1.1 ELABORACION DEL CONCENTRADO DE CAMU CAMU

Se siguió el flujo de operaciones mostrado en la Figura N° 6, de acuerdo a los siguientes pasos:

- a. Recepción: La pulpa de camu camu se recibió congelada en bolsas polipropileno.
- b. Pesado El peso se realizó en una balanza eléctrica, con una precisión de decimales de 0.001g.
- c. Descongelado: En esta etapa se descongeló la pulpa en una marmita durante 5 minutos.
- d. Filtrado: Se filtró la pulpa del camu camu después del descongelado, para eliminar todo tipo de fibra o mermas.
- e. Concentrado: Una vez filtrada, se pasó a concentrar en el equipo concentrador de bola, durante 7 minutos aproximadamente.

Figura N° 6. Diagrama de flujo de la elaboración del concentrado de camu camu



3.2.1.2 ELABORACION DE ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON LOS 4 AGENTES COADYUVANTES

Luego de concentrar la pulpa de camu camu y haber llegado a un °Brix óptimo (8–12 aproximadamente), se le agregó una cantidad óptima de agente coadyuvante (Maltodextrina, goma arábica, almidón de arroz, miel de abeja) a cada muestra para su posterior atomizado tal como se muestra en las Figuras N° 7, 8,9 y 10.

Figura N° 7. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Maltodextrina

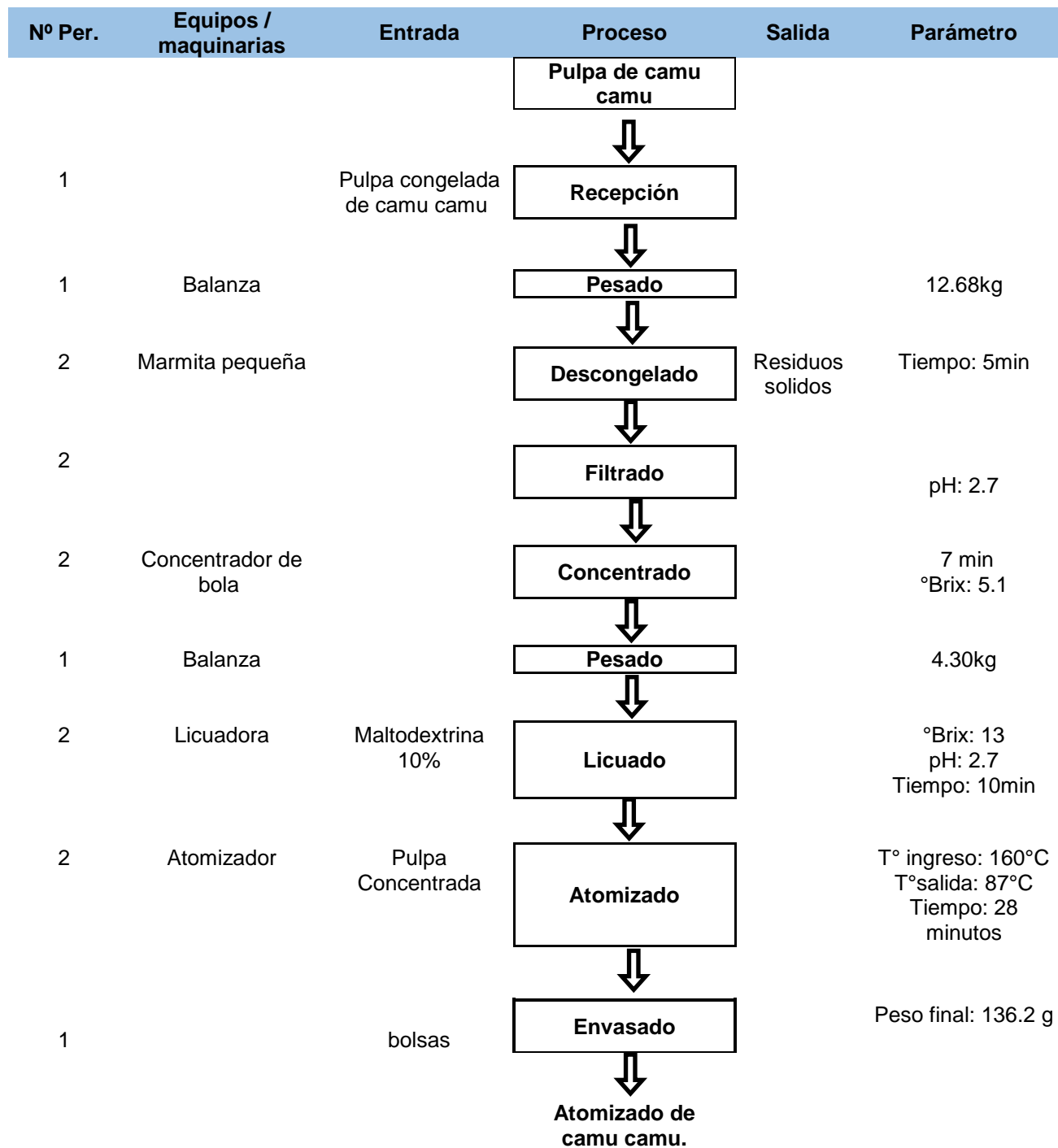


Figura N° 8. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Almidón

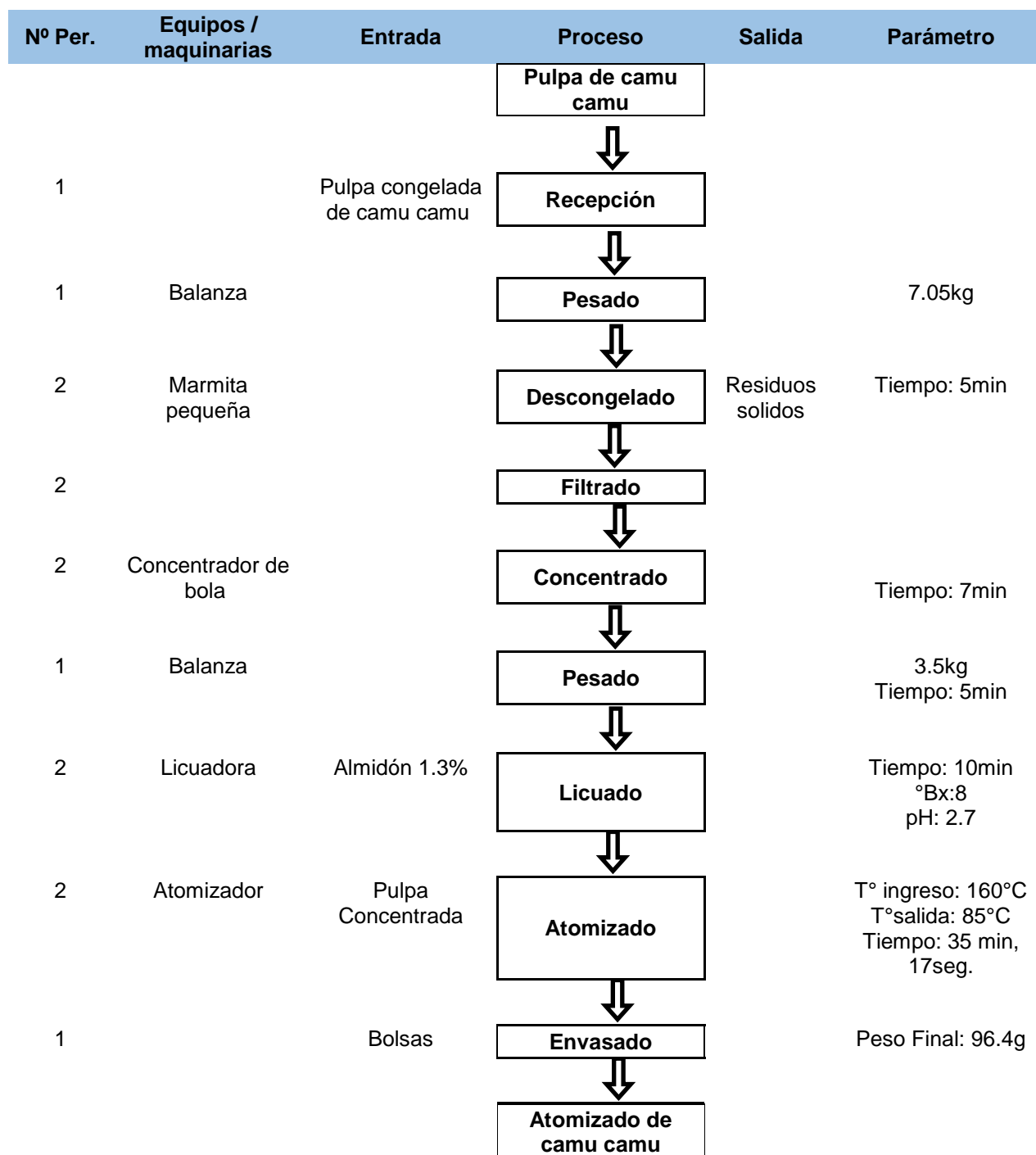


Figura N° 9. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Goma Arábica

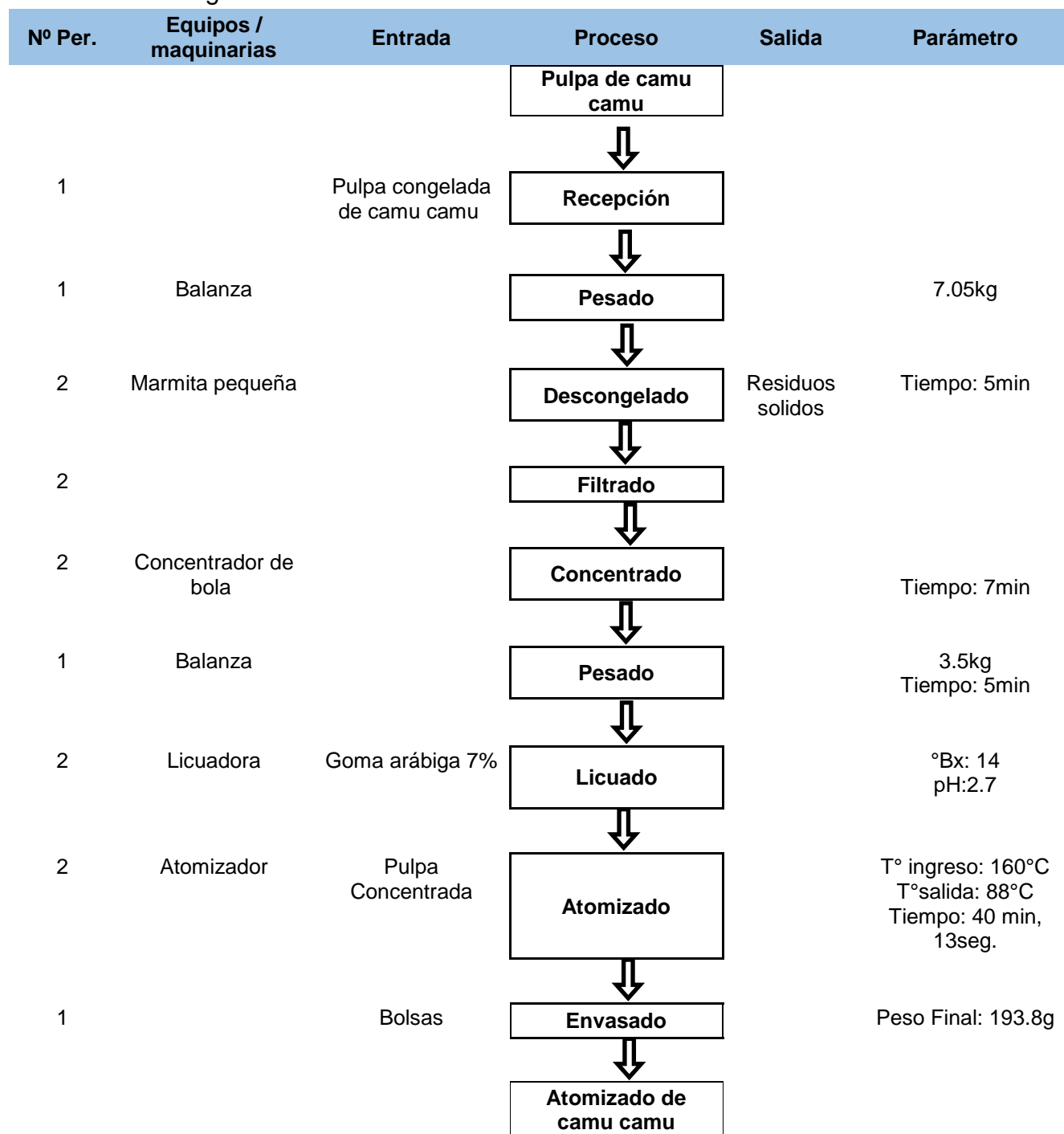
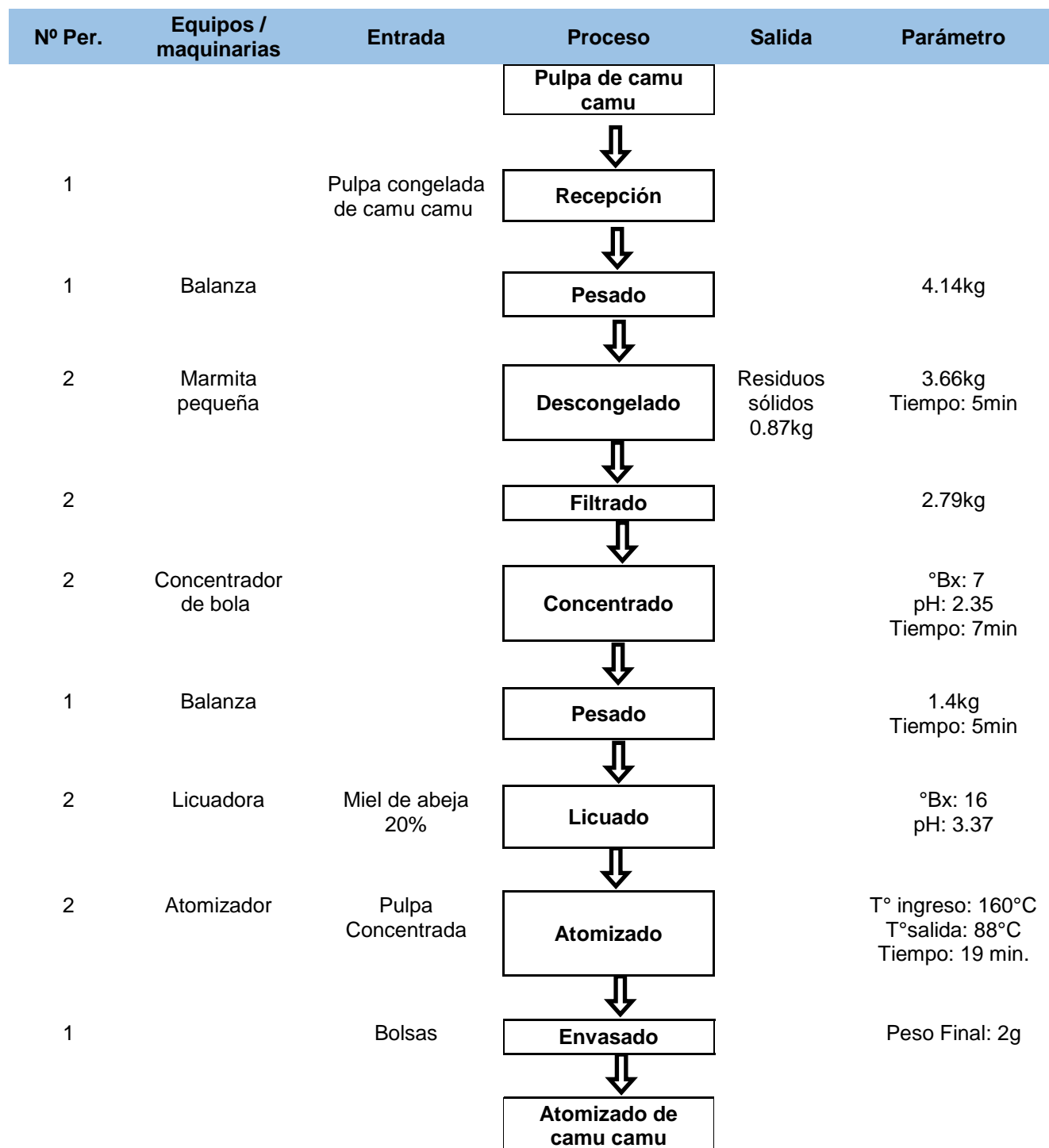


Figura N° 10. Diagrama de flujo de la elaboración de atomizado de camu camu con Miel de Abeja



3.2.2 ANALISIS FISICO-QUIMICO

- **Determinación del pH:** Método de la AOAC (1995).
- **Sólidos Solubles:** Método de la AOAC (1995).
- **Determinación de Vitamina C:** AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016.

Valoración del 2,6-dicloroindofenol: Se preparó una solución estándar de ácido ascórbico (1 mg/mL). Se transfirió a una alícuota de 2 ml a un matraz Erlenmeyer, agregando 5 ml de solución ácido metafosfórico-ácido acético (solución extractora). Se tituló rápidamente con 2,6 dicloroindofenol en una bureta de 50 ml, hasta que se observó la aparición de un tono rosa ligero. Titular un blanco compuesto por 7 ml de la solución extractora más el volumen gastado en la titulación del estándar en agua, y titular con 2,6-dicloroindofenol, hasta el tono rosa. El valor obtenido del estándar se restó el de blanco, y la concentración de indofenol se expresa como mg de ácido ascórbico equivalente a 1ml de indofenol.

Determinación del contenido de ácido ascórbico la muestra: Se adicionó a la muestra su misma cantidad de solución extractora y mezclar bien. Se filtró con un embudo y papel filtro para café tipo cesta, marca Melitta, modelo PAB-100P. Se tomó una alícuota de 2 ml del filtrado más 5 ml de ácido metafosfórico-acético en un matraz Erlenmeyer, y se tituló con el indofenol hasta el vire rosa. Realizar por triplicado. El volumen registrado de la titulación se le restó el gastado en el blanco. Se determina el ác. Ascórbico:

$$mg \text{ de ácido ascórbico} = \frac{\text{volumen titulación de la muestra}}{\text{volumen titulación estandar}}$$

- **Solubilidad:** Se calculó según el método Eastman y Moore (2005) con algunas modificaciones. Se tomó 1 g en base seca de muestra de polvo, se realizó una homogenización en 50 mL de agua destilada y se agitó en vórtex durante 60 segundos. La solución se colocó en un tubo y se centrifugó la suspensión a 3000 RPM por 5 minutos a temperatura ambiente (25°C). Se tomó una alícuota de 25 mL del sobrenadante, se transfirió a cajas Petri pesadas anteriormente y se secó en horno a 105°C por 5 horas.

Además, se realizó la misma prueba con el atomizado con mayor cantidad de Vitamina C (goma arábica) con la diferencia de que se tomaron 4 muestras de esta a diferentes temperaturas (25, 40, 50 y 75°C), esto con el fin de obtener una curva de solubilidad para su posterior análisis.

El porcentaje de solubilidad se calculó como la diferencia del peso inicial menos el peso final sobre el peso inicial (Cano *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2013).

- **Rendimiento del proceso:** Se pesó la cantidad de producto obtenido en el secado y se dividió por el total de sólidos en la suspensión (Tonon *et al.*, 2008):

$$\text{Rendimiento del proceso} = \frac{\text{Total de sólidos finales}}{\text{Total de sólidos iniciales}} * 100$$

- **Análisis del color:** En esta investigación se usará el software ImageJ para analizar las coordenadas de color de las imágenes. Estas coordenadas (RGB) serán convertidas a L*a*b con la ayuda de la aplicación y/o herramienta Nix Color Sensor. Además se calcularán los parámetros cromáticos C* y h°.

3.3 ANALISIS ESTADISTICO

Se analizó estadísticamente con ayuda del programa Minitab 17, las pruebas realizadas de los atomizados de camu camu con distintos coadyuvantes (maltodextrina, almidón de arroz y goma arábica) las cuales fueron el primer factor de análisis. El segundo factor de análisis fueron las pruebas o tratamientos a los cuales fueron sometidos cada atomizado (Rendimiento, vitamina C y solubilidad), en donde la variable de respuesta fue el porcentaje (%) de estos tres tratamientos.

Como primer método estadístico, se aplicó el análisis de varianza ANOVA, con el cual identificaremos por medio de la prueba F de Fischer si existen medias distintas a los factores analizados y de ser así se aplicó como segundo método estadístico el análisis de TUKEY para identificar el factor distinto.

A continuación, se muestra la siguiente tabla la cual sirvió como matriz de datos las cuales serán ingresadas en el programa estadístico Minitab 17.

Tabla N° 7. Matriz de datos de análisis estadístico. Atomizado de camu camu

Agentes Coadyuvantes		Rendimiento (R)	Vit. C (AC)	Solubilidad (S)
Maltodextrina	1	34.4	8	97.060
Almidón de arroz	2	24.4	16.8	94.072
Goma arábica	3	39.6	19.9	96.489

***Nota:** No se realizaron más réplicas de las pruebas o tratamientos.

La miel de abeja no fue tomada en este proceso estadístico porque el proceso de secado o atomización salió defectuoso, teniendo como producto final una cantidad en peso despreciable. Por consiguiente, la muestra no fue sometida a los distintos tratamientos a los que sí fueron sometidas el resto de muestras con sus encapsulantes respectivos.

3.3.1 DISEÑO DEL ANALISIS ANOVA DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU: PORCENTAJE (%) VS PRUEBA, ENCAPSULANTE

Se aplicó el análisis de varianza ANOVA con la finalidad de establecer si existen diferencias significativas entre las muestras. Para este diseño se usó como variable de respuesta el porcentaje y como modelos las pruebas (rendimiento, vitamina C y solubilidad) y los atomizados con distintos encapsulantes (maltodextrina, almidón de arroz y goma arábica).

Este análisis de varianza, de acuerdo con lo referido por (Eren & Kaymark-Ertekin, 2007) y Pighinelli *et al.* (2009), conlleva a realizar la prueba F de Fischer, la cual tiene la finalidad de rechazar o no la hipótesis nula, la cual nos indica lo siguiente:

Ho: Hipótesis Nula; $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \rightarrow$ Las muestras de atomizado de camu camu no presentan diferencias significativas.

Ha: Hipótesis Alternativa; $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \rightarrow$ Al menos una de las muestras del atomizado es distinta a las demás.

Donde:

μ : Pruebas realizadas

La hipótesis nula indica que la media de todos los tratamientos es igual mientras que la hipótesis alternativa nos indica que al menos una de las medias de las pruebas es diferente. Por lo consiguiente nuestra regla de decisión es la siguiente:

Se rechaza el Ho si:

$$F_c \geq F_{\alpha, gln, gld}$$

En donde:

Fc: F calculada mediante la prueba ANOVA (Minitab 17)

Fa: F crítica calculada mediante Excel

Gln: Grados de libertad del tratamiento o prueba

Gld: Grados de libertad del error

En la siguiente Tabla se muestra el diseño ANOVA al que será sometido las siguientes variables:

Tabla N° 8. Diseño estadístico: % vs Prueba, Encapsulante. Atomizado de camu camu.

Factor	Tipo	Niveles	Valores
PRUEBA	fijo	3	AC, R, S
AG. COADYUVANTE	fijo	3	1, 2, 3

En donde:

AC = Ácido ascórbico (vitamina C)

R = Rendimiento

S = Solubilidad

1 = Atomizado con Maltodextrina

2 = Atomizado con Almidón de arroz.

3 = Atomizado con Goma arábica

3.3.2 DISEÑO DE ANALISIS TUKEY DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU: PROCENTAJE (&) VS AG. COADYUVANTE

El método de Tukey se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias de parejas entre las medias de los niveles de los factores, mientras se controla la tasa de error por familia en un nivel especificado. Es importante considerar la tasa de error por familia cuando se hacen comparaciones múltiples, porque la probabilidad de cometer un error de tipo I para una serie de comparaciones es mayor que la tasa de error para cualquier comparación individual (Minitab Inc, 2018).

En este caso, el análisis de TUKEY dependerá de si la F obtenida del análisis ANOVA calculada por Minitab 17, es mayor o igual a la F crítica calculada por Excel.

Se realizó la comparación siguiente:

$F \geq F$ (crítica) \rightarrow Ho se rechaza

$F \leq F$ (crítica) \rightarrow Ho se acepta

En este caso la Ho está representado por: Las muestras de atomizado de camu camu no presentan diferencias significativas entre sus medias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA PULPA DE CAMU CAMU

En el proceso de concentración de la pulpa de camu camu se recepcionó las cantidades mostradas en la Tabla N°8. Luego del proceso de concentración estas se redujeron, obteniendo las cantidades listas para mezclarlas con el encapsulante y posteriormente para su secado por aspersión.

Tabla N° 9. Cantidad de pulpa de camu camu recepcionada

Descripción	Cantidad de pulpa recepcionada	Cantidad de pulpa concentrada	U.M
Tratamiento 1: Maltodextrina	12.08	4.3	kg
Tratamiento 2: Almidón	7.05	3.5	kg
Tratamiento 3: Goma Arábica	7.05	3.5	kg
Tratamiento 4: Miel de abeja	4.14	1.4	kg

En la siguiente tabla se muestra los porcentajes de encapsulantes añadidos a cada cantidad de concentrado de pulpa de camu camu obtenido.

El porcentaje de encapsulante se fue añadiendo de a pocos hasta obtener un fluido homogéneo para cada muestra, para que así el atomizador no tenga ningún inconveniente en transportar la mezcla. Es por eso que las cantidades de encapsulantes añadidos varían y no se podría tener un valor constante para las cuatro muestras de concentrado de camu camu.

Tabla N° 10. Porcentaje de encapsulantes usados para el proceso de atomizado de pulpa de camu camu

Descripción	(%)
Tratamiento 1: Maltodextrina	10.0
Tratamiento 2: Almidón de arroz	1.3
Tratamiento 3: Goma Arábica	7.0
Tratamiento 4: Miel de abeja	20.0

Los porcentajes de agentes coadyuvantes usados en el proceso de secado, se formularon mediante pruebas preliminares, para obtener un fluido ligero que permita el transporte hacia el atomizador sin obstrucciones. Es por eso que los porcentajes que se muestran en la tabla N°10 fueron característicos para cada tratamiento ya que se encuentran establecidos en datos anteriores.

4.2 PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN DEL CAMU CAMU

Durante el proceso de secado por aspersión, de las cuatro pruebas de secado, tres resultaron con éxito mientras que la mezcla de camu camu con el coadyuvante miel de abeja salió fallida, dándole problemas al atomizador ya que se las gotas no lograron el secado instantáneo según lo descrito por (Heldman & Lund, 2007) y se caramelizaron en las paredes del atomizador, generando un problema en su limpieza y obteniendo como producto final pedazos de pulpa caramelizada tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 11. Atomizado de camu camu con Miel de Abeja



Fuente: Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA)

Por otro lado el resto de pruebas exitosas con los demás coadyuvantes dio como resultado tres distintos productos con características distintas de color, textura, granulosidad, etc. Dando como rápida conclusión la influencia de estos durante el proceso de secado por aspersion de la pulpa de camu camu.

4.3 CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU (4 COADYUVANTES)

Las características físico químicas del concentrado de camu camu se muestran en la Tabla N°11, las cuales tienen relación y concordancia con lo mencionado por Maeda, Pantoja, Yuyama & Char (2006).

Tabla N° 11. Características físico químicas del atomizado de camu camu con cuatro coadyuvantes distintos.

TRATAMIENTOS	pH	Solidos Solubles (°Brix)
Maltodextrina	2.7 ± 0.02	13 ± 0.5
Almidón de arroz	2.7 ± 0.02	8 ± 0.5
Goma arábica	2.7 ± 0.02	14 ± 0.5
Miel de abeja	3.37 ± 0.02	16 ± 0.5

Además en la Tabla N°12 se muestran los parámetros de temperatura las cuales se trató de mantener a las cuatro pruebas en las mismas condiciones, es decir, misma temperatura de aire de ingreso y de salida, así como el tiempo de atomizado. Sin embargo, con la última prueba (miel de abeja) que salió fallida como se mencionó anteriormente, el tiempo de secado se tuvo que detener por la caramelización instantánea que se produjo en las paredes del atomizador, complicando su posterior limpieza.

Tabla N° 12. Parámetros de temperatura y tiempo del atomizado de camu camu con 4 coadyuvantes distintos.

TRATAMIENTOS	Ti (°C)	Tf (°C)	t (min)
Maltodextrina	160	87	35
Almidón de arroz	160	85	35
Goma arábica	160	88	35
Miel de abeja	160	88	19

Finalmente, se calculó la cantidad de sólidos iniciales de cada muestra antes de ingresar al atomizador. Teniendo como referencia los grados °Brix de cada una de ellas. A continuación, la Tabla N°13 muestra los resultados obtenidos:

Tabla N° 13. Determinación de sólidos iniciales de las muestras antes de entrar al atomizador.

Tratamientos	°Brix	Cant. De concentrado de camu camu que ingresa al atomizado (g)	Cant. De sólidos (g)
Maltodextrina	13	4300	559
Almidón de arroz	8	3500	280
Goma arábica	14	3500	490
Miel de abeja	16	1400	224

4.4 RENDIMIENTO DEL SECADO

Las cantidades de polvo obtenidas después del secado por aspersion del camu camu fueran las que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 14. Peso final de polvo obtenido después del atomizado de camu camu.

Tratamientos	Cantidad (g)
Maltodextrina	136.2
Almidón de arroz	96.4
Goma arábica	193.8
Miel de abeja	2.0

La Tabla N°15 muestra los rendimientos obtenidos a partir de la relación de sólidos antes de ingresar al atomizador y los sólidos obtenidos después del proceso de secado por atomización. Los resultados obtenidos están por debajo de lo que indica la literatura tal como se reporta en el secado por aspersion de concentrado de tamarindo según (Bhusari, Muzaffar, & Kumar, 2014), las cuales tienen un rango de rendimiento de 46 a 77% y en casos de rendimientos muy por encima del 90% como los estudiados por (Arrazola, Herazo, & Alvis, 2014), en el rendimiento de antocianinas en el secado por aspersion.

Sin embargo, durante las pruebas realizadas el que mayor rendimiento arrojó durante el proceso de secado por aspersion fue la muestra con el coadyuvante goma arábica con respecto al resto de muestras.

Tabla N° 15. Rendimiento del atomizado de camu camu con distintos encapsulantes.

Descripcion	sólidos iniciales (g)	sólidos finales (g)	Rendimiento %
Tratamiento 1: Maltodextrina	559	136.2	24.4
Tratamiento 2: Almidón	280	96.4	34.4
Tratamiento 3: goma arabica	490	193.8	39.6
Tratamiento 4: miel de abeja	224	2	0.9

4.5 COORDENADAS DE COLOR L*a*b OBTENIDAS UTILIZANDO IMAGEJ

Los resultados obtenidos por el software ImageJ arrojaron las siguientes coordenadas en el idioma RGB que luego fueron convertidas a las coordenadas de

color L*a*b con la ayuda de la herramienta Nix Color Sensor, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 16. Coordenadas de color L*a*b obtenidas a partir del software ImageJ

Tratamiento	ImageJ			Nix color sensor		
	R	G	B	L	a	b
Goma arábica	198.028	128.507	89.345	29.550	29.980	22.830
Almidón de arroz	137.028	74.123	61.095	39.200	26.280	20.140
Maltodextrina	163.025	105.394	99.600	50.830	23.210	13.320
Desv. Estand.	30.611	27.294	19.941	10.655	3.390	4.902

Los valores de las coordenadas de color L*a*b de los atomizados de camu camu muestran una coloración que va entre los matices de rosado a rojo tal como se muestra en los Anexos 3, 4 y 5. Respecto a esto, Maeda *et al.* (2006), menciona que los principales pigmentos del camu camu son las antocianinas siendo responsables de la coloración rojo-púrpura y que durante el proceso de despulpado, estos pigmentos logran tener concentraciones entre 9 y 181 mg/100g.

Además, se halló los parámetros cromáticos C* y h tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 17. Parámetros cromáticos C* y h obtenidas a partir de las coordenadas L*a*b

Tratamiento	C	h	a*/b*
Goma arábica	37.683	37.307	0.762
Almidón de arroz	33.110	37.452	0.766
Maltodextrina	26.761	29.856	0.574
Desv. Estand.	5.485	4.344	0.110

4.6 DETERMINACION DE VITAMINA C EN EL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON DISTINTOS COADYUVANTES

Una vez realizado el proceso de atomización de las 4 muestras, se evaluó el contenido de vitamina C de estas llevándolas a un análisis de laboratorio en las instalaciones del Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA), solo se analizaron 3 de las 4 pruebas (prueba fallida con el estabilizante miel de abeja), con métodos certificados que garantizan la cuantificación de la prueba.

En la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos del examen de laboratorio:

Tabla N° 18. Determinación de Vitamina C en el atomizado de camu camu

ENSAYOS CON AGENTES COADYUVANTES DISTINTOS	PORCENTAJE DE ESTABILIZANTE (%)	CONTENIDO DE VITAMINA C (mg/100g de muestra original)
Muestra con Almidón de arroz	1.3	18807.6
Muestra con Maltodextrina	10	8989.9
Muestra con goma arábica	7	13157.6

Según la Tabla N°18 el encapsulante que mejor retuvo la vitamina C en el concentrado de camu camu, siendo la más alta respecto a las demás, fue el almidón de arroz (18807.6 mg/100g); a su vez, el concentrado de camu camu con maltodextrina fue la que menor contenido de Vitamina C pudo retener (8989.9 mg/100g). Con esta experimentación se puede decir que la maltodextrina no sería el único encapsulante óptimo para un mejor aprovechamiento y retención de vitamina C (Sotomayor, 2000). Dejando abierto futuros estudios e investigaciones para la optimización de esta tecnología.

4.7 SELECCIÓN DE AGENTE COADYUVANTE EN EL PROCESO DE ATOMIZACIÓN DEL CAMU CAMU

Esta investigación tuvo como objetivo evaluarla eficiencia del agente coadyuvante para preservar la Vitamina C. Por lo tanto, el criterio de selección radicó en encontrar aquel coadyuvante que evitara la degradación de Vitamina C. Para tal caso, se evaluó la cantidad de mg de vitamina C/g de estabilizante, usada en cada tratamiento, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 19. Porcentaje de Vitamina C en el atomizado de camu camu con distintos coadyuvantes.

ENSAYOS CON COADYUVANTES DISTINTOS	CONTENIDO DE VITAMINA C (mg/g de coadyuvante)	% DE VITAMINA C (mg/ g de coadyuvante)
Muestra con Almidón de arroz	4975.4	49.75
Muestra con Maltodextrina	219.37	2.2
Muestra con goma arábica	744.21	7.44

Hablando en porcentajes la muestra con almidón de arroz presenta un 49.75% mientras que la maltodextrina, con el menor porcentaje, tiene un 2.2%. Sin embargo, este último valor se asemeja a lo establecido y mencionado por Tonon et al. (2008) y por Quek et al. (2007), que también verificaron la acción de la maltodextrina en licopeno, beta carotenos y antocianinas en jugo de sandía y pulpa de asaí.

4.8 SOLUBILIDAD DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON DIFERENTES ENCAPSULANTES Y CURVA DE SOLUBILIDAD.

Luego de haber obtenido los resultados de Vitamina C se procedió con el análisis de solubilidad de las 3 muestras, aplicando la metodología mencionada se obtuvo los resultados que se detallan en la Tabla N°20.

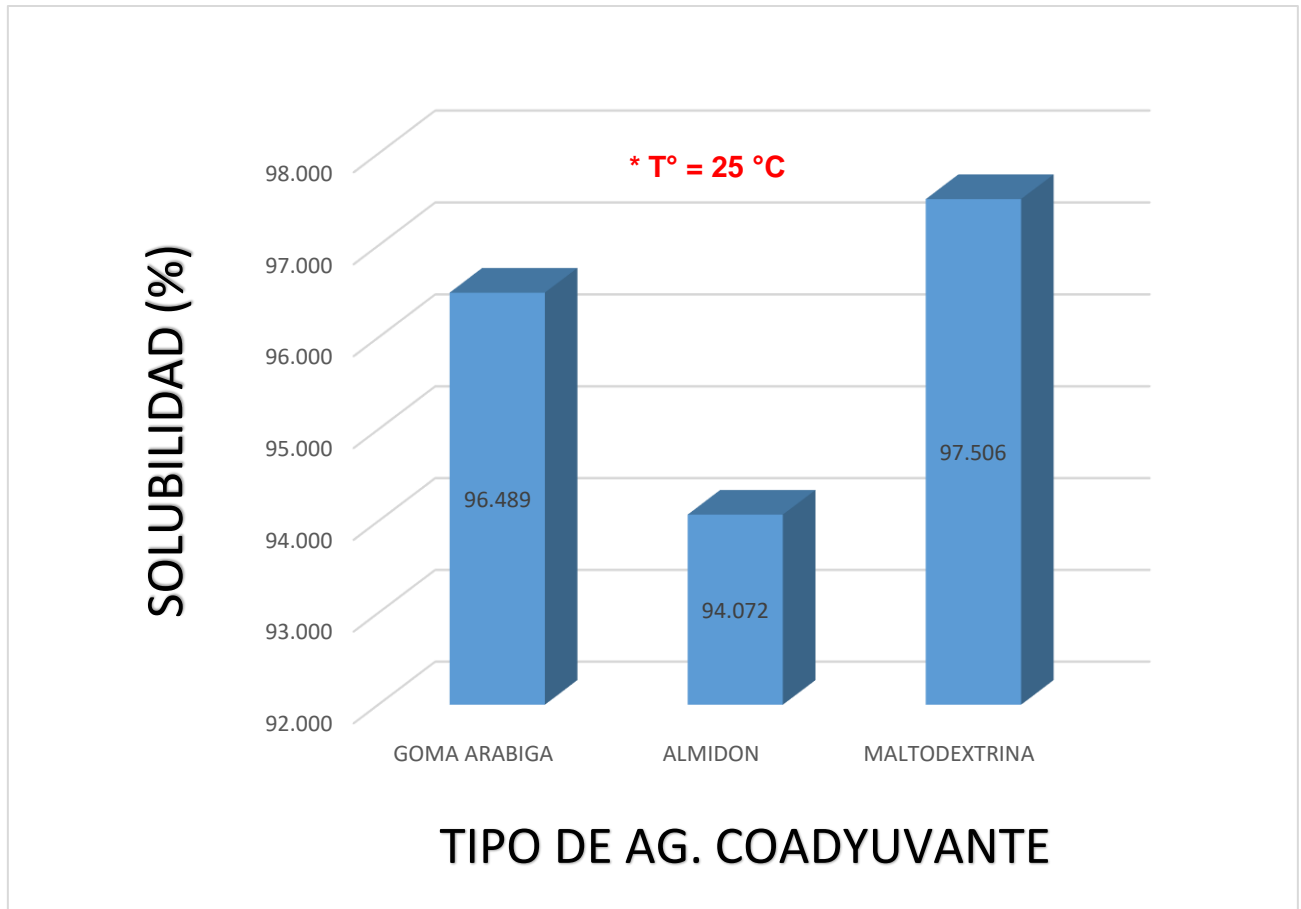
Tabla N° 20. Solubilidad del atomizado de camu camu con encapsulantes distintos.

		PESO DE PLACA VACIA (g)	PLACA + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO FINAL PLACA + MUESTRA (g)	PESO FINAL DE LA MUESTRA (g)	SOLUBILIDAD (%)
GOMA ARABIGA	PLACA 1	51.249	51.904	0.655	51.272	0.023	96.49 ± 0.005
ALMIDON	PLACA 2	50.190	50.966	0.776	50.236	0.046	94.07 ± 0.005
MALTODEXTRINA	PLACA 3	47.012	48.175	1.163	47.041	0.029	97.51 ± 0.005

La solubilidad de las tres muestras según la tabla N°20 son relativamente altas, entre un rango de 94 y 97; mostrando una buena solubilidad, siendo la maltodextrina ligeramente mejor que la de la goma arábica, por su parte el almidón es la que más baja solubilidad obtuvo.

Estas características de solubilidad en alta condiciones acuosas que otorga estos encapsulantes son similares a los valores de solubilidad mencionados por Rivas (2007).

Figura N° 12. Solubilidad del atomizado de camu camu con distintos coadyuvantes



Fuente: Autor (2018)

En cuanto a la goma arábica (tratamiento elegido al azar), se le realizó el mismo método sometiéndolo a 4 temperaturas distintas (25°C, 40°C, 50°C y 75°C) teniendo como resultado los valores mostrados en la Tabla 16.

Tabla N° 21. Solubilidad del atomizado de camu camu con goma arábica a distintas temperaturas.

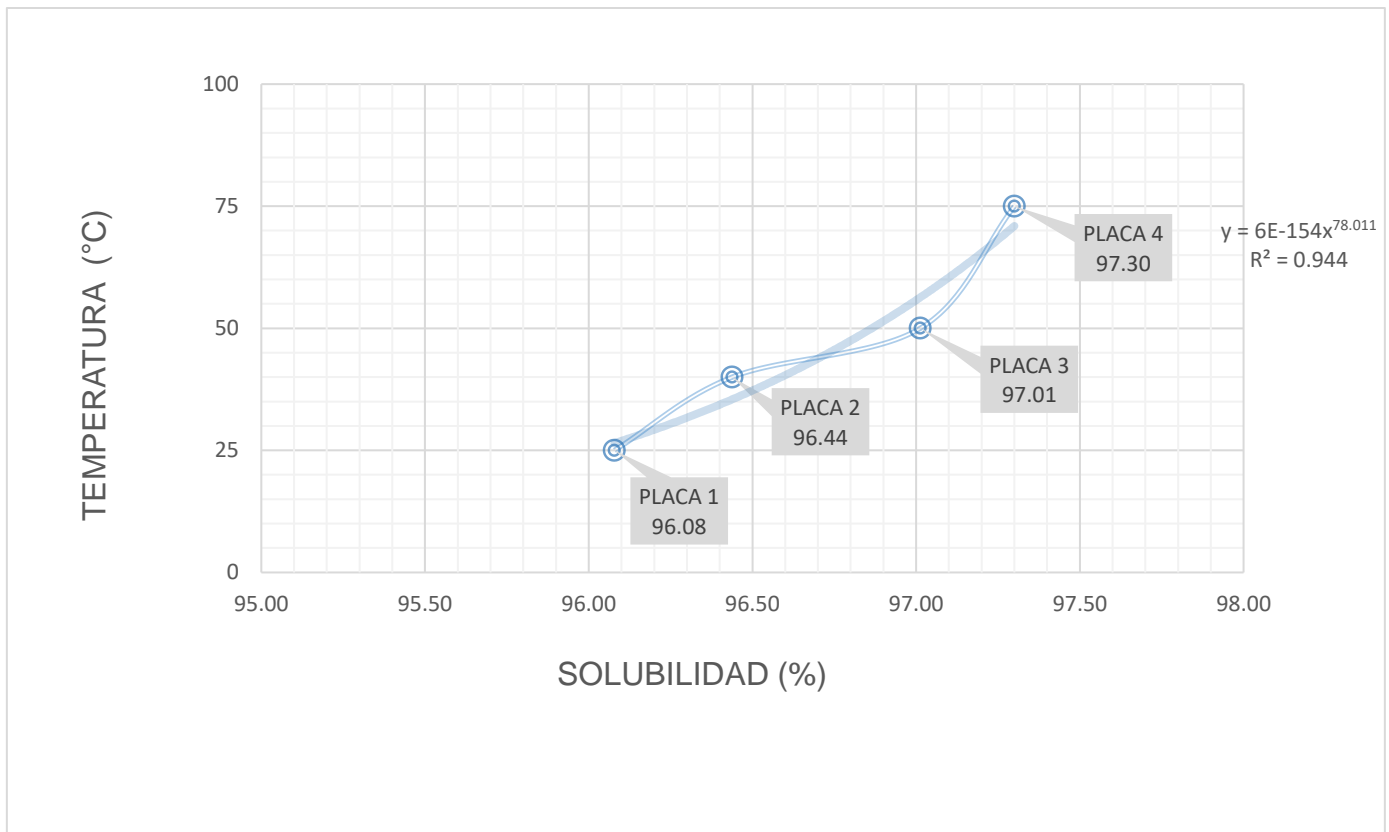
		TEMPERATURA (°C)	PESO DE PLACA VACIA (g)	PLACA + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO FINAL PLACA + MUESTRA (g)	PESO FINAL DE LA MUESTRA (g)	SOLUBILIDAD (%)
GOMA ARABIGA	PLACA 1	25	44.031	46.785	2.754	44.139	0.108	96.08
	PLACA 2	40	36.848	38.364	1.516	36.902	0.054	96.44
	PLACA 3	50	26.288	28.330	2.042	26.349	0.061	97.01
	PLACA 4	75	44.269	45.232	0.963	44.295	0.026	97.30

Fuente: Autor (2018)

De acuerdo a los resultados se puede deducir que la solubilidad es directamente proporcional a la temperatura, ya que a 25°C la solubilidad de la goma arábica es de un 96.08% y a 75°C de 97.3%, aumentando conforme la temperatura sube.

En la siguiente figura se puede apreciar mejor el efecto de la temperatura en la solubilidad del atomizado de camu camu con goma arábica, la cual representa la curva de solubilidad en donde las variables son Temperatura (°C) versus Solubilidad (%).

Figura N° 13. Curva de solubilidad del atomizado de camu camu con Goma Arábica



4.9 ANALISIS DE LA VARIACION (ANOVA) DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU

Una vez hecha nuestra matriz o modelo de datos tal como se mostró en la Tabla N° 7, se ingresaron los datos en el programa estadístico Minitab 17, la cual se le aplicó el análisis de variación (ANOVA), teniendo como resultados, los datos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla N° 22. Análisis de la varianza (ANOVA). Atomizado de camu camu con distintos encapsulantes.

Fuente	GL	SC	MC	F	P
PRUEBA	2	9976.8	4988.4	20.27	0.008
AG. COADYUVANTE	2	500.9	250.5	1.02	0.439
Error	4	984.2	246		
Total	8	11461.9			

S= 15.686, $R^2 = 0.9141$, $R^2_{(ajustado)} = 0.8283$

El análisis de varianza indica que el modelo es significativo al 95% de nivel de confianza y presentando un (R^2) cercano a 1 lo cual nos indica que el modelo de regresión es bueno aunque según (Eren & Kaymark-Ertekin, 2007) esto necesariamente es siempre aplicable. Además, se aplicó la prueba F de Fischer para determinar cuál de los factores tiene diferencias significativas. En este caso se comparó la F obtenida en el análisis de varianza (F calculada) con la hallada en Excel (F crítica) con el fin de aceptar la hipótesis nula o rechazarla.

Tabla N° 23. Comparación de la F calculada y crítica, prueba F de Fischer.

	F CALCULADA	F CRITICO	Ho
PRUEBA	20.27	6.94427191	Se rechaza hipótesis
AG. COADYUVANTE	1.02	6.94427191	Se acepta hipótesis

Según la Tabla N°23, la F calculada en el factor “PRUEBA” es mayor a la F crítica hallada en Excel, esto conlleva a concluir que la hipótesis nula se rechaza, es decir, existe al menos una media en las pruebas que es distinta a las demás. Con esta conclusión se procederá a aplicar el método de TUKEY para ver identificar la o las pruebas distintas.

Por otro lado en el factor “AG. COADYUVANTE” el cual es el factor más importante en esta investigación, la F calculada es menor a la F crítica, por lo que se la hipótesis nula se acepta y se concluye que las medias de los encapsulantes usados en este proceso no presentan diferencias significativas.

4.10 Método de TUKEY para la identificación de pruebas con medias distintas. Atomizado de camu camu

Se aplicó el método de TUKEY para la comparación entre Porcentaje vs Prueba, con un nivel de significancia del 95%, los resultados se muestran en la Tabla N°24.

Tabla N° 24. Análisis de varianza (ANOVA). Modelo de Medias para el análisis % vs PRUEBA

PRUEBA	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
AC	3	19.8	26.1	(-2.4, 42.0)
R	3	32.80	7.73	(10.57, 55.03)
S	3	96.02	1.77	(73.80, 118.25)

Desv. Est. Agrupada = 15.7329

Tabla N° 25. Comparaciones de TUKEY entre las pruebas realizadas en el atomizado de camu camu

PRUEBA	N	Media	Agrupación
S	3	96.02	A
R	3	32.80	B
AC	3	19.8	B

Tal como se muestra en la Tabla N°25, las pruebas sometidas al análisis de varianza por el método de TUKEY, tienen dos de las tres variables con una misma letra. Esto quiere decir que las medias son significativamente parecidas. Tanto los porcentajes de rendimiento y ácido ascórbico son relativamente parecidas, mientras que la prueba de solubilidad sí es completamente distinta, presentando una gran variabilidad numérica entre las demás.

V. CONCLUSIONES

- ❖ El agente coadyuvante que retuvo la mayor cantidad de Vitamina C durante el secado por aspersion fue el almidón de arroz obteniendo un total de 4975.4 (mg VitC /g de coadyuvante) con respecto a la Maltodextrina (219.37 mg VitC /g de coadyuvante) y la goma arábica (744.21 mg VitC /g de coadyuvante).

- ❖ El camu camu en polvo obtenido durante el proceso de secado por aspersion con los parámetros utilizados presentó rendimientos iguales a 24.4%, 34.4%, 39.6% y 0.9%; con adición de maltodextrina, almidón de arroz, goma arábica y miel de abeja respectivamente.

- ❖ La solubilidad que presentaron las muestras con coadyuvantes distintos (goma arábica, maltodextrina y almidón de arroz) fueron relativamente altas, siendo estas: 96.489; 94.072 y 97.506 respectivamente.

- ❖ La curva de solubilidad aplicada a la goma arábica (muestra elegida al azar) indica en este caso que la temperatura es directamente proporcional a la solubilidad, es decir, a mayor temperatura la solubilidad de la solución incrementa.

- ❖ El análisis estadístico respecto a los encapsulantes no presentó diferencias significativas en cuanto a rendimiento, vitamina C y solubilidad.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Aplicar un método de superficie y respuesta para una mejor optimización y tener datos estadísticos que permitan analizar de manera profunda esta investigación.
- ❖ Las muestras de atomizados a cabo de un tiempo (2-3 meses aprox.) se aglomeraron formando una masa uniforme es por eso que se recomienda evaluar el tiempo de vida en anaquel del camu camu atomizado y su control, mediante pruebas aceleradas, considerando los parámetros de degradación de Vitamina C, color, textura, granulosidad y solubilidad como factores principales de calidad.
- ❖ Aplicar el método de colorimetría con un colorímetro y compararlos con los valores obtenidos por el software ImageJ para hallar el margen de error del programa.
- ❖ Aplicar un método que determine la cantidad de antocianinas obtenidas según el encapsulante a utilizar de manera que complemente esta investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, C. (2010). *Efecto del fertirriego sobre la productividad del camu camu (Myrciaria dubia H.B.K Me Vaugh) en la Region de Ucayali*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Ancos, B. (2002). Possible nutritional and health-related value promotion in orange juice preserved by high pressure treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 790-796.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersion y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información Tecnológica*, 25, 31-42.
- Ayala, J. (15 de Mayo de 2013). *Características de la vitamina C o Ácido Ascórbico*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/141655073/Caracteristicas-de-la-vitamina-C-o-Acido-Ascorbico>
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (3ra Edición ed.). Mexico: Editorial Longman Mexicana S.A.
- Barbosa, G., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). Physical properties, processing and functionality. En *Food Powders*. New York: Kluwer Academic, Plenum Publishers.
- Bhandari, B., & Hartel, R. (2005). Phase transitions during food powder production and powder stability.

- Bhandari, B., Datta, N., & Howes, T. (1997). Problems associated with spray dried sugar-rich foods. *Drying Technology*, 671-684 p.
- Bhusari, S., Muzaffar, M., & Kumar, P. (2014). Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technology*, 266, 354-364.
- Bueno, S., Lopes, M., Graciano R, Fernández, E., & Cruz, C. (2002). Evaluación de la Calidad de Pulpas de Frutas Congeladas. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 121-126.
- Bustamante, F. (2000). *Estudio de Mercado para Myrciaria H.B.K. Mc Vaugh (camu camu)*. Lima.
- Cano, M., Stringheta, P., Ramos, A., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 420-428.
- Casanova, R. (2013). *Efecto de la temperatura de secado y concentración de encapsulante en el rendimiento y concentración de Vitamina C del jugo de Myrciaria dubia (CAMU-CAMU) Atomizado*. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Ceballos, A. (2008). *Estudio comparativo de tres sistemas de secado de polvos de frutas*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Chitarra, M., & Chitarra, A. (1990). *Post-Cosecha de Frutas y Hortalizas: Fisiología y Manejo*. Lavras: Escuela Superior de Agricultura de Lavras.

- Chua, K., Majumdar, A., Chou, S., Hawlader, M., & Ho, J. (2000). Convective drying of banana, guava and potato pieces: effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and colour change. En *Drying Technology* (págs. 907-936).
- Dennison, D., & Kirk, J. (1978). Oxygen effect on the degradation of ascorbic acid in a dehydrated system. En *Journal of Food Science* (págs. 609-612).
- Desai, K., & Park, H. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. En *Drying Technology* (págs. 1361-1394).
- Dib Taxi, M. (2001). *Jugo de camu-camu (Myrciaria dubia) microencapsulado a través del secado por atomización*. Tesis doctoral, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP), Facultad de Ingeniería de Alimentos, Sao Paulo.
- Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2009). Desarrollo de monografías botánicas (factsheets) para cinco cultivos peruanos. *Hojas Botánicas: Camu camu – Myrciaria dubia (H.B.K.) Mc Vaugh*, 1-10.
- Eren, I., & Kaymark-Ertekin, F. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 344-352.
- Fennema, O. (2008). *Química de los Alimentos*. España: Editorial Acirbia S.A.
- Francis, F. (1983). Colorimetry of Foods. En M. Peleg, & E. Bagley, *Physical Properties of Foods*. (págs. 105-123).

- García, C., Gonzalés, M., Ochoa, L., & Medrano, H. (2004). Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersion. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*4, 262-266.
- Ghosh, S. (2006). Functional coatings and microencapsulation a general perspective. In: Functional coatings. En *Polymer Microencapsulation* (págs. 1-25). Weinheim: Wiley-vch Verlag gmbh & Co.
- Hadinoto, K. (2006). Novel formulation of large hollow nanoparticles aggregates as potential carriers in inhaled delivery of nanoparticle drugs. En *Ind Eng Chem Res* (págs. 3697-3706). *Ind Eng Chem Res* 45.
- Heldman, D., & Lund, D. (2007). *Handbook of Food Engineering* (2da Edición ed.). New York: Taylor & Francis Group.
- Hunter, R. (1975). *Scales for the measurement of colour difference*. In: *The Measurements of Appearance*. New York: John Wiley.
- Inga, H., & Encarnación, F. (2012). Ecología de poblaciones naturales de “Camu camu” (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) en los lagos Sahuá y Supay, inmediaciones de Jenaro Herrera, Río Ucayali. *Xilema vol.25*, 30.
- Inglett, G., Gelbman, P., & Reineccius, G. (1988). Encapsulation of orange oil- use of oligosaccharides from alpha-amylase modified starches of maize, rice, cassava, and potato. *Flavor Encapsulation. American Chemical Society Symposium*, 29-36.

- Kenyon, M. (1995). Modified Starch, Maltodextrin, and Corn Syrup solids as wall materials for Food Encapsulation. En *Encapsulation and Controlled Release of food Ingredients* (págs. 42-50). Washington: American Chemical Society.
- King, W., & Perry, P. (1976). Modified Starch encapsulating agents offer superior emulsification, film forming, and low surface oil. En *Food Product Development* (págs. 54-57). Chicago.
- Lesková, E. (2006). Vitamin losses retention during heat treatment and continual changes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 252-276.
- Lewis, M., & Heppell, N. (2000). *Pasteurization Continuous: Thermal Processing of Foods Pasteurization and UHT Sterilization*. EUA: Aspen Publishers. Inc.
- Li, B., Konecke, L., Wegiel, L., Taylor, L., & Edgar, K. (2013). Both Solubility and chemical stability of curcumin are enhanced by solid dispersion in cellulose derivative matrices. En *Carbohydrate Polymers* (págs. 1108-1116).
- Maeda, R., Pantoja, L., Yuyama, L., & Chaar, J. (2006). Estabilidad del Ácido Ascórbico y Antocianinas en Néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* Me Vaugh). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 313-316.
- Manela-Azulay, M., Lacerda, C., Perez, M., Filgueria, A., & Cuzzi, T. (2003). Vitamina C. Análisis Brasileños de Dermatología. Rio de Janeiro.
- Masters, K. (1991). *Spray Drying Handbook*. Longman Scientific and Technical.
- Meenan, P. (1997). *The influence of spray drying conditions on the particle properties of recrystallized burkeite*.

- Minitab Inc. (18 de Enero de 2018). *Soporte Minitab 18*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-tukey-s-method/>
- Mondragón, R. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.
- Mortimer, B. (1983). *Química*. Mexico: Grupo editorial iberoamericana.
- Naidu, K. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery An overview. *Nutrition Journal*, 1-10.
- Perez, Guillermo. (14 de Febrero de 2017). *Acido ascorbico.com*. Obtenido de https://www.acidoascorbico.com/quimica_del_cido_ascorbico
- Phillips, K., Tarrago, M., Genhardt, S., Exler, J., Patterson, K., Haytowitz, D., . . . Holden, J. (2010). Stability of Vitamin C in Frozen Raw Fruit and Vegetable Homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 253-259.
- Pighinelli, A., Park, K., Rauen, A., & De Oliveira, R. (2009). Optimización del Prensado de Granos de Girasol y su Caracterización. *Revista Brasileira de Ingeniería Agrícola y Ambiental*, 63-67.
- Potter, N., & Hotchkiss, J. (1998). *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Quek, Q., Chok, N., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 386-392.

- Riva, R., & Gonzales, I. (1999). *Tecnología Del Cultivo de Camu Camu en la Amazonia Peruana* (Primera Edición ed.). Perú.
- Rivas, C. (2010). *Microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de Chirimoya (Annona cherimola Mill)*. México, D.F: Instituto Politécnico Nacional.
- Rodrigo, M., Lorenzo, P., & Safón, J. (1980). Optimización de las Técnicas de Esterilización de Alimentos por Calor I, Planteamientos generales. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 149-160.
- Savadkoochi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., & Farahnaky, A. (2014). Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. En *Meat Science* (págs. 410-418).
- Schrijnemakers, A. (2009). *Mullite coatings on ceramic substrates: stabilisation of Al₂O₃-SiO₂ suspensions for spray drying of composite granules suitable for reactive plasma spraying*.
- Serra, H., & Cafaro, T. (2007). *Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo*. Córdoba: Acta Bioquímica Clínica Latinoamérica.
- Shahidi, F., & Han, X. (1993). Encapsulation of food ingredients. En *Critical reviews in food science and nutrition* (págs. 501-547). Boca Raton.
- Sharma, S., Mulvaney, S., & Rizvi, S. (2003). Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio. En *Ingeniería de Alimentos* (pág. 358 p). México: Editorial Limusa S.A.

- Sotomayor, P. (2000). *Influencia de los Encapsulantes y las Temperaturas de Secado en la Calidad del camu-camu (Myrciaria dubia) Liofilizado*. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industria Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima.
- Tonon, R., Brabet, C., & Hubinger, M. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 411-418.
- Torregrosa, F. (2006). *Determinación de Vitamina C y Carotenoides en Zumos de Frutas y Hortalizas Frescos, Tratados por Calor o por Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad (PEAI)*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Valgas, L. (2007). *Influencia de las variables de procesamiento sobre las propiedades eléctricas de varistores de SnO₂ atomizados vía "spray dryer"*. Tesis de Doctorado, Universidad Federal de Paraná, Curitiba.
- Villachica, H. (1996). Cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Me VaughJ en la Amazonía Peruana. *Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaría Pro Tempore.*, 95.
- Walingo, K. (2005). Role of Vitamin C {ascorbic acid} on Human Health- a review. *African Journal of Food Agricultura and Nutritional Development.*, 1-14.
- Zanatta, C., & Mercadante, A. (2007). Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Food Chemistry*. 101, 1526-1532.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DE LOS EMPAQUES DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN







ANEXO 2. ATOMIZADOR UTILIZADO EN EL SECADO POR ASPERSION DEL CAMU CAMU



ANEXO 3. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON GOMA ARABIGA



ANEXO 4. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON ALMIDON DE ARROZ



ANEXO 5. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON MALTODEXTRINA



ANEXO 6. ATOMIZADO DE CAMU CAMU ENCAPSULADO CON MIEL DE ABEJA (PRUEBA FALLIDA)

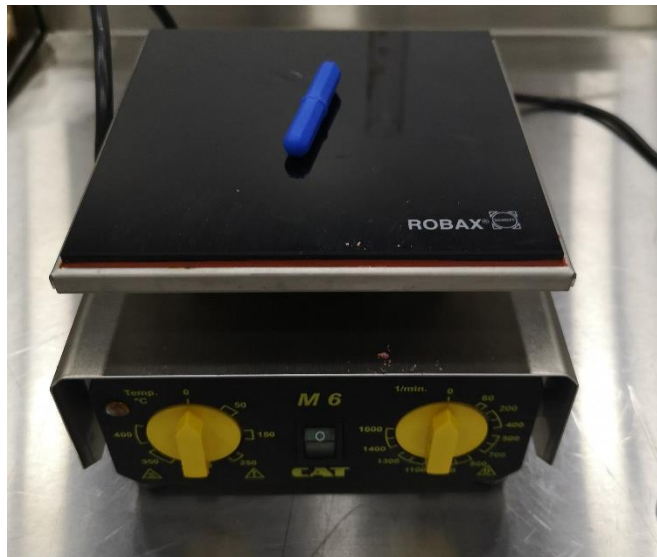


ANEXO 7. FOTOGRAFIAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LAS PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

- PROBETA Y AGUA DESTILADA



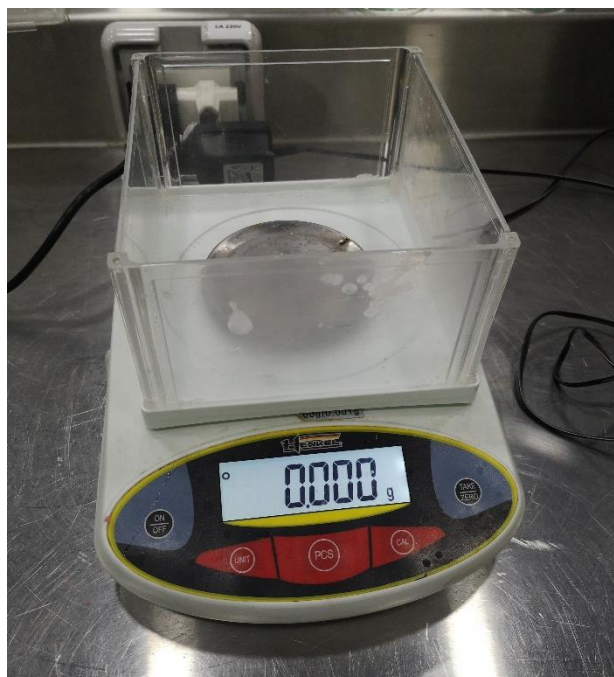
- AGITADOR MAGNETICO ROBAX



- CENTRIFUGADORA INDUMELAB



- BALANZA ANALTICA



- ESTERILIZADORA DIGITAL MEMMERT



ANEXO 8. FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE SOLUBILIDAD DE ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON DIFERENTES ENCAPSULANTES

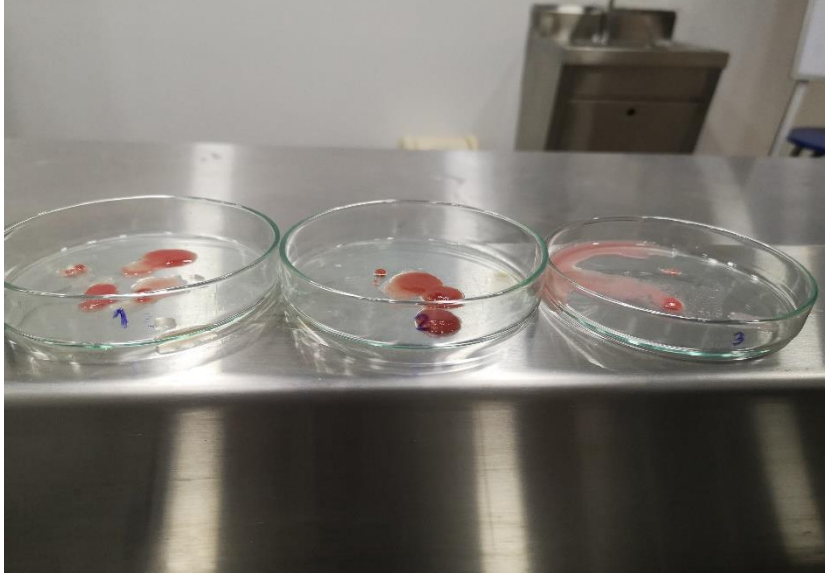
- DILUCION DE LOS ATOMIZADOS DE CAMU CAMU



- AGITACION DE LA SOLUCION



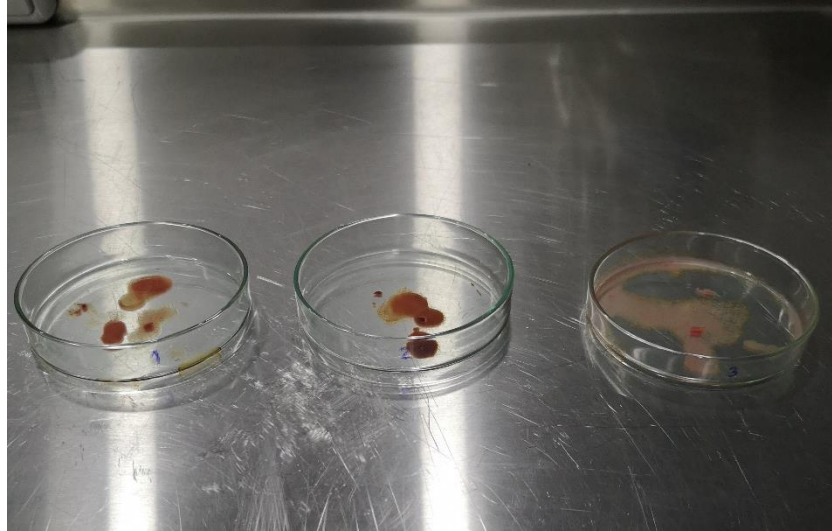
- CENTRIFUGACION Y FILTRADO DE LA SOLUCION



- ENFRIAMIENTO DE LAS PLACAS MEDIANTE EL DESECADOR



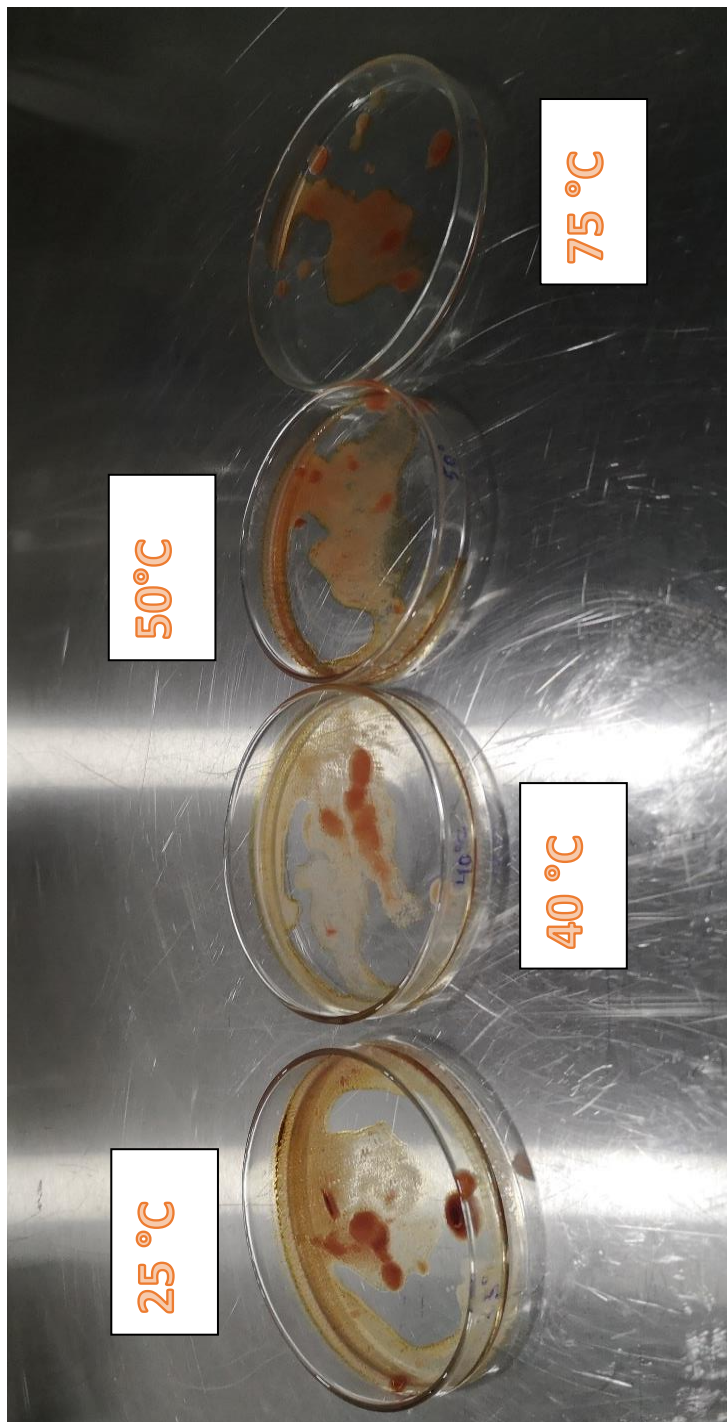
- PLACAS CON EL PRODUCTO SECADO Y ENFRIADO




- SECADO Y ENFRIADO




ANEXO 9. FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE SOLUBILIDAD DE ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON GOMA ARABIGA A DISTINTAS TEMPERATURAS



ANEXO 10. INFORME DE ENSAYO DE DETERMINACION DE VITAMINA C DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON GOMA ARABIGA



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 009922 - 2018

SOLICITANTE : ANGEL GARCIA TAIPE
DIRECCIÓN LEGAL : CALLE CERRO BELLO MZ A1 LOTE 1 - SANTIAGO DE SURCO
 : RUC: 47547287 Teléfono: ---
PRODUCTO : ATOMIZADO DE CAMU CAMU
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : CON GOMA ARABICA
CANTIDAD RECIBIDA : 161,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-006103 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 06/11/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
 ALCANCE : N.A.


ENSAYO	RESULTADO
1.- Vitamina C (mg / 100 g de muestra original)	13157,6

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :
 1.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
 FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 06/11/2018 Al 12/11/2018.

ADVERTENCIA :

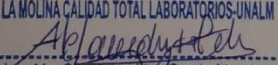
- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 12 de Noviembre de 2018



Dirección Técnica

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM




Iríg. Mg. Sc. Alejandra Sotelo Mendez
 DIRECTORA EJECUTIVA (e)
 CIP N° 112405


Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

ANEXO 11. INFORME DE ENSAYO DE DETERMINACION DE VITAMINA C DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON ALMIDON DE ARROZ.



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 010101 - 2018

SOLICITANTE : ANGEL GARCIA TAIPE
DIRECCIÓN LEGAL : CALLE CERRO BELLO MZ A1 LOTE 1 - SANTIAGO DE SURCO
RUC: 47547287 **Teléfono:** ---
PRODUCTO : ATOMIZADO DE CAMU CAMU
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : CON ALMIDON
CANTIDAD RECIBIDA : 99,5 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-006242 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 09/11/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
 ALCANCE : N.A.


ENSAYOS	RESULTADO
1 - Vitamina C (mg / 100 g de muestra original)	18807,6

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :
 1 - AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 12/11/2018 Al 15/11/2018.

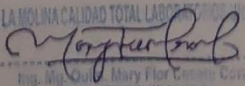
ADVERTENCIA :

- 1 - El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2 - Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3 - Válido solo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4 - Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

La Molina, 15 de Noviembre de 2018



Dirección Técnica



Ing. Mary Flor Castro Corral
DIRECTORA TÉCNICA
 C.I.P. N° 635

Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú *
 Telf (511) 3495640 - 3492567 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mtg@lamolina.edu.pe Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

ANEXO 12. INFORME DE ENSAYO DE DETERMINACION DE VITAMINA C DEL ATOMIZADO DE CAMU CAMU CON MALTODEXTRINA



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 009923 - 2018

SOLICITANTE : ANGEL GARCIA TAIPE
DIRECCIÓN LEGAL : CALLE CERRO BELLO MZ A1 LOTE 1 - SANTIAGO DE SURCO
RUC: 47547287 **Teléfono**: --
PRODUCTO : ATOMIZADO DE CAMU CAMU
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : CON MALTODEXTRINA
CANTIDAD RECIBIDA : 99,0 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-006104 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 06/11/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
ALCANCE : N.A.

ENSAYO	RESULTADO
1.- Vitamina C (mg / 100 g de muestra original)	8989,9

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :
 1.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 06/11/2018 Al 12/11/2018.

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido solo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 12 de Noviembre de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNALM

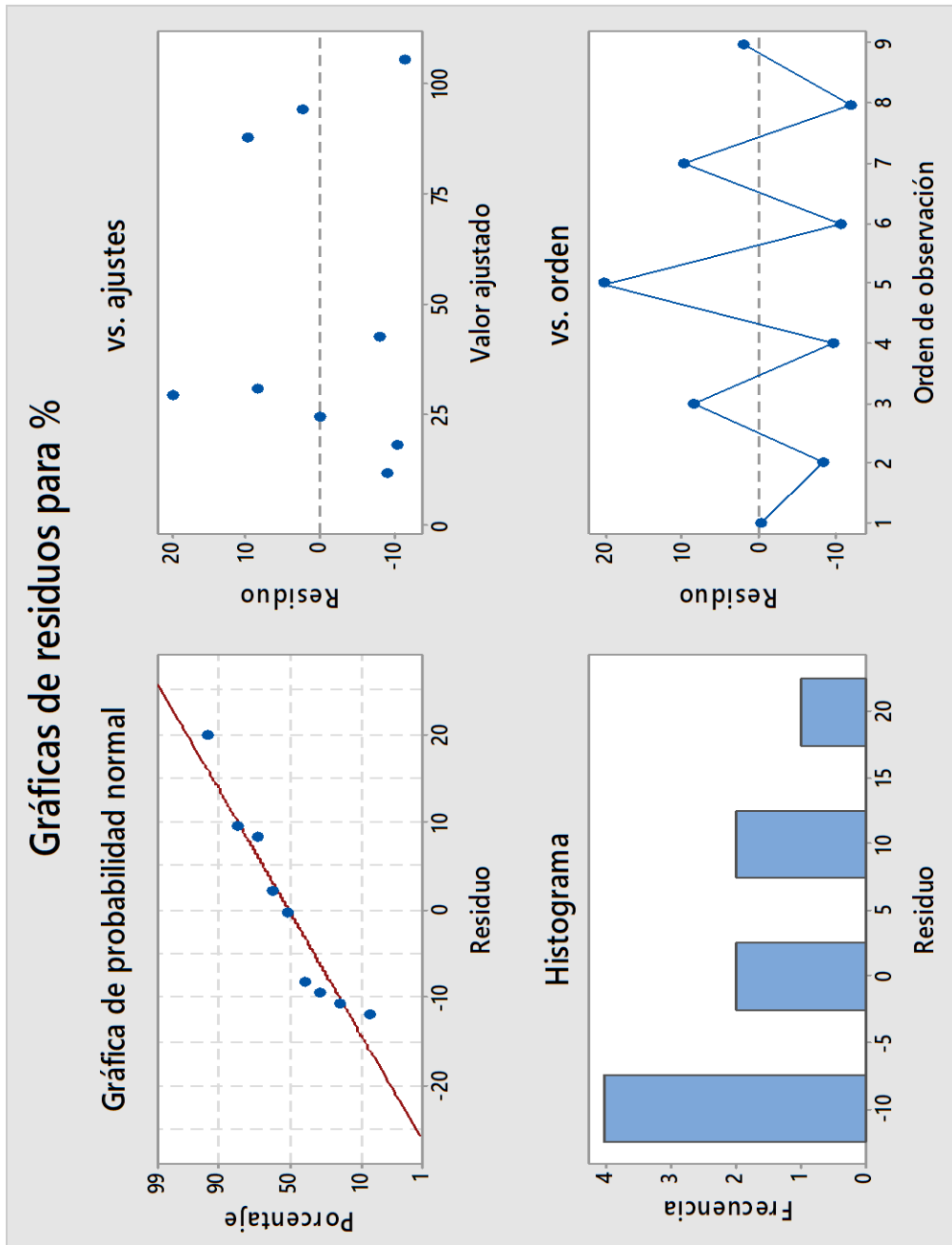


Ing. Mg. Sc. Alejandrina Sotelo Meriz
 DIRECTORA EJECUTIVA (e)
 QIP N° 112405

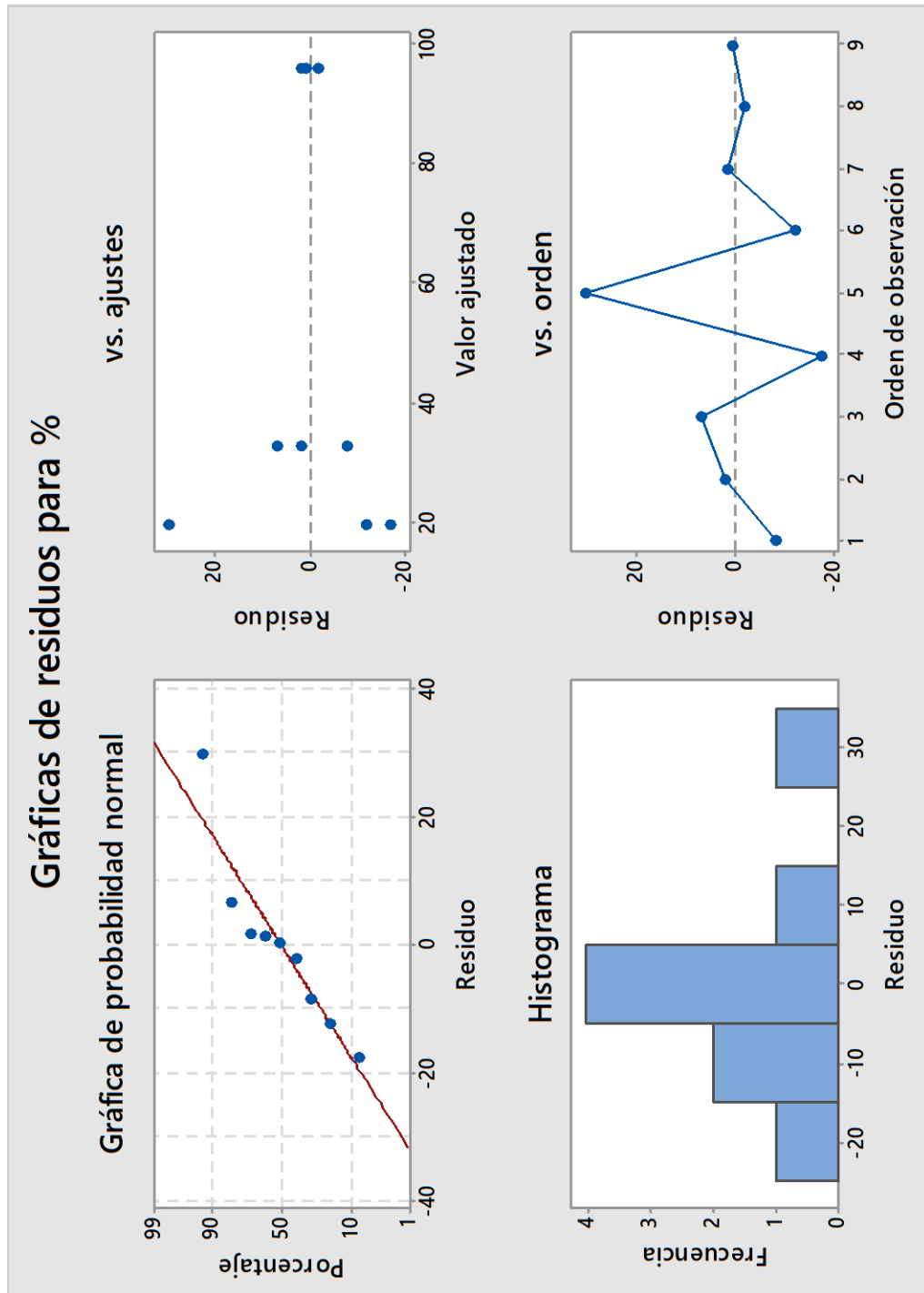
Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Peru
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

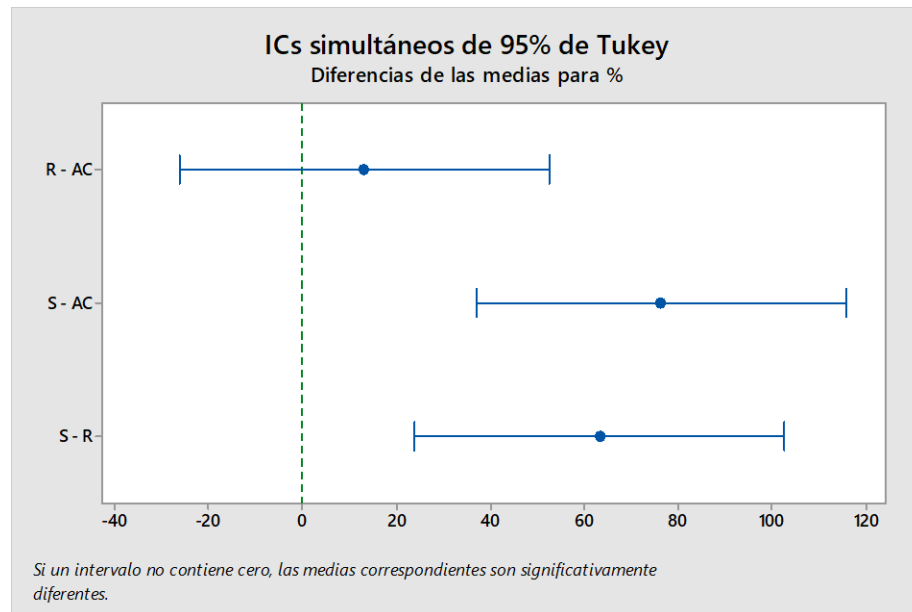
ANEXO 13. GRAFICAS DE RESIDUOS 4 EN 1. ANALISIS DE VARIANZA ANOVA: % vs PRUEBA, ENCAPSULANTE



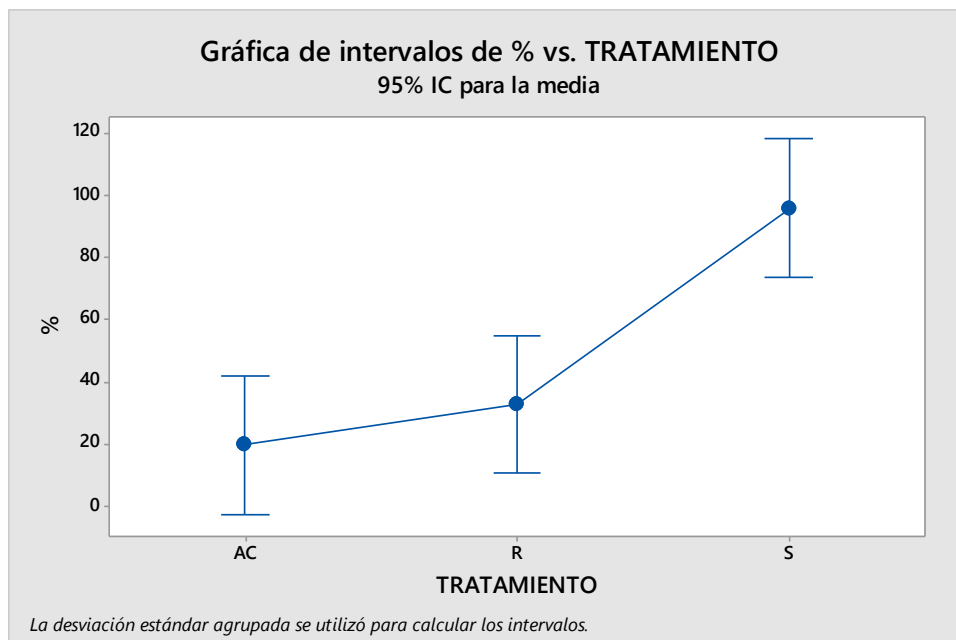
ANEXO 14. GRAFICAS DE RESIDUOS 4 EN 1. ANALISIS DE VARIANZA ANOVA: % vs PRUEBA



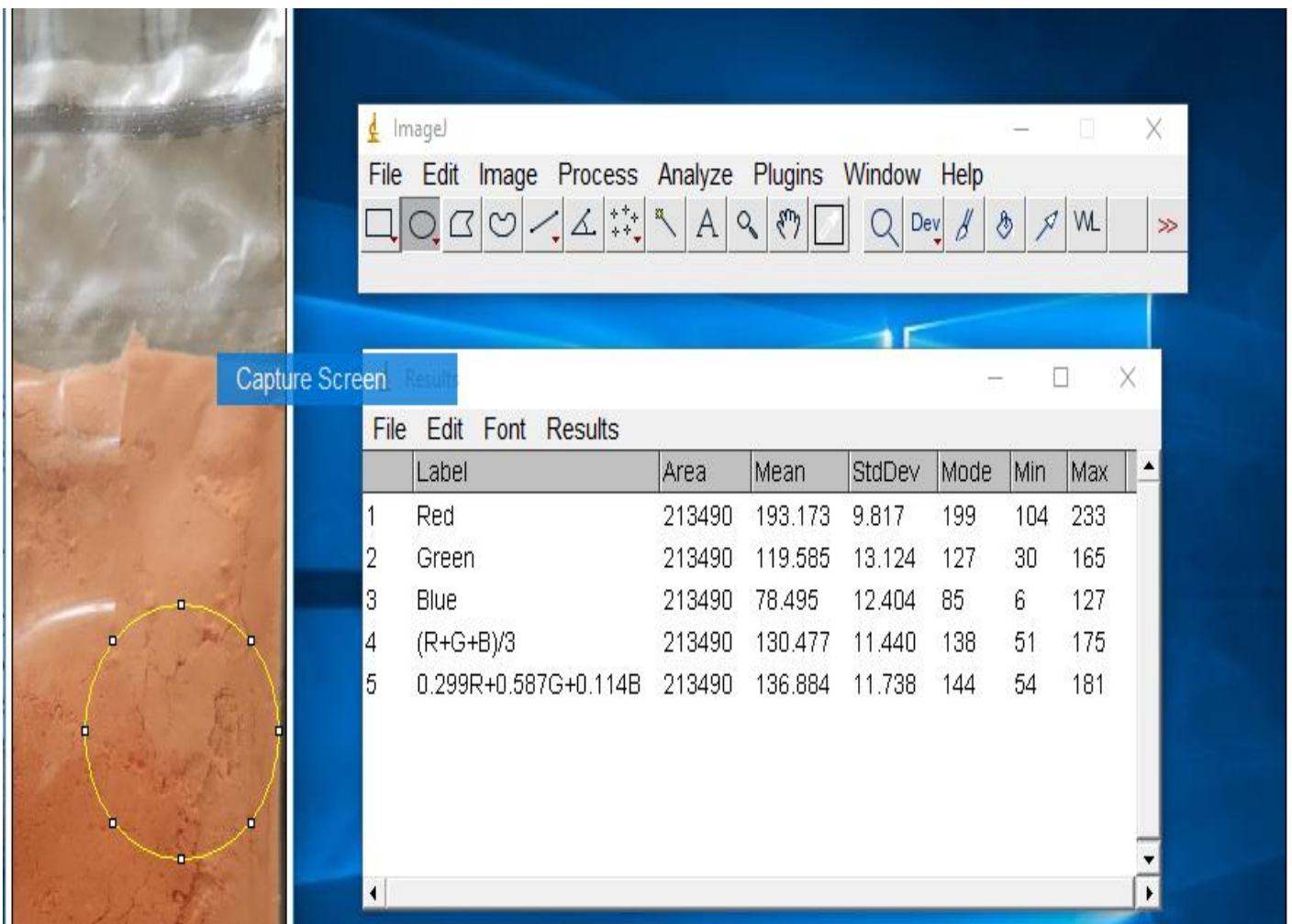
ANEXO 15. GRAFICA DE ICs SIMULTANEOS DE 95% DE TUKEY (ANOVA: % VS PRUEBA)



ANEXO 16. GRAFICA DE INTERVALOS DE % VS PRUEBAS (ANOVA)



ANEXO 17. EJEMPLO DE OBTENCION DE COORDENADAS RGB MEDIANTE EL USO DE IMAGEJ



The screenshot displays the ImageJ software interface. On the left, a portion of an image is visible, showing a textured red surface. A yellow circular color calibration tool is overlaid on this surface. The main window shows the 'Results' table, which provides statistical data for the selected region. The table includes columns for Label, Area, Mean, StdDev, Mode, Min, and Max. The data is as follows:

	Label	Area	Mean	StdDev	Mode	Min	Max
1	Red	213490	193.173	9.817	199	104	233
2	Green	213490	119.585	13.124	127	30	165
3	Blue	213490	78.495	12.404	85	6	127
4	(R+G+B)/3	213490	130.477	11.440	138	51	175
5	0.299R+0.587G+0.114B	213490	136.884	11.738	144	54	181

ANEXO 18. EJEMPLO DE CONVERSION DE COORDENAS RGB A L*a*b USANDO NIX COLOR SENSOR



R (0 to 255)

G (0 to 255)

B (0 to 255)



RGB (0 to 255): 193 120 78
HEX (#): C1784E
CMYK (0% to 100%): 21% 59% 76% 5%
CIELAB (0 to 100, -128 to 128, -128 to 128): 57.77 26.69 35.06
XYZ (0 to 0.9642, 0 to 1.0000, 0 to 0.8252): 0.3158 0.2572 0.0807



Settings

Input system

RGB ▾