

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE SECADO EN LA
CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES Y LAS CARACTERÍSTICAS
ORGANOLÉPTICAS DE LA BEBIDA FUNCIONAL ELABORADO A
PARTIR DE LA CÁSCARA DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia*).**

PRESENTADO POR:
Garay Vega, Nelhson
Villafuerte Paredes, Elías

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ASESOR : Ing. Mg. Weninger Pinedo Chambi

PUCALLPA - PERÚ
2015

DEDICATORIA

Al cerrar este capítulo de nuestras vidas, el cual consideramos uno de los más importantes, ya que con él se nos abrirán nuevas oportunidades; queremos dedicar este trabajo a todos los que de una u otra manera han colaborado en la realización de este gran sueño.

A Dios por darnos la oportunidad de vivir, bendecirnos, guiarnos y protegernos en momentos difíciles de nuestras vidas.

A nuestros padres por su apoyo, comprensión y por ser nuestros ejemplos de lucha y trabajo.

A nuestros demás familiares por su colaboración y palabras de aliento.

A todos ustedes con gratitud y amor.

Los tesistas.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento es a Dios por habernos orientado por el camino del bien, por darnos salud, fuerza y fé.

A nuestras familias por su apoyo incondicional.

Agradecemos a nuestra Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial y a nuestros docentes por nuestra formación académica y quienes con nobleza y entusiasmo, depositaron en nosotros sus valiosos conocimientos y nos han enseñado a ser personas con ética y moral profesional.

A nuestro asesor Ing. Mg. Weninger Pinedo Chambi, por su valiosa colaboración, apoyo, ayuda y asesoramiento en la dirección de la presente Tesis, además por su amistad y dedicación.

A todas las personas que de una u otra forma nos han apoyado a culminar este gran sueño y a esas personas que estuvieron en nuestros buenos y malos momentos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
RESUMEN.....	
ABSTRACT	

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. Problema general	
1.2.2. Problemas específicos	
1.2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	
1.2.4. Objetivos específicos	
1.2.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	
2.2. BASES TEÓRICAS.....	
2.2.1. Generalidades del camu camu	
2.2.2. Antioxidantes naturales	
2.2.3. Radicales libres	
2.2.4. Actividad antioxidante.....	
2.2.5. Secado de plantas	
2.2.6. Elaboración de filtrante e infusión	
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	
2.3.1. Hipótesis general	
2.3.2. Hipótesis específicas	51
2.3.3. VARIABLES.....	
2.3.4. Variable independiente	51

2.3.5. Variable dependiente	52
-----------------------------------	----

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA.....	53
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	53
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.2.1. Tipo de investigación	53
3.2.2. Nivel de investigación	53
3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.3.1. Materiales y equipos	54
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.4.1. Para el estudio de la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu.	56
3.4.2. Para el estudio de la evaluación organoléptica de la bebida funcional	57
3.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS.....	59
3.5.1. Población.....	59
3.5.2. Muestra.....	59
3.5.3. Unidad de análisis	59
3.6. DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	60
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	61

CAPITULO IV

4. RESULTADOS	632
4.1. INDICE DE MADUREZ DEL FRUTO FRESCO DE CAMU CAMU	632
4.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CÁSCARA FRESCA DE CAMU CAMU	63
4.3. EVALUACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA SECA DE CAMU CAMU.	643
4.4. EVALUACION ORGANOLÉPTICA DE LA BEBIDA FILTRANTE A PARTIR DE LA CASCARA DE CAMU CAMU.....	66

4.5.	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA BEBIDA FILTRANTE OBTENIDA CON LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE CÁSCARA DE CAMU CAMU.....	687
4.6.	DISCUSIÓN	698
4.7.	INDICE DE MADUREZ DEL FRUTO FRESCO DE CAMU CAMU	69
4.8.	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CÁSCARA FRESCA DE CAMU CAMU	70
4.9.	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA SECA DE CAMU CAMU	710
4.10.	EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA BEBIDA FILTRANTE A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CAMU CAMU.....	72
4.11.	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA BEBIDA FILTRANTE OBTENIDA CON LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE CÁSCARA DE CAMU CAMU.....	73
4.12.	PROCEDIMIENTOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	74
4.13.	TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA EL PROCEDIMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	75
4.14.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	76
	CONCLUSIONES.....	77
	SUGERENCIAS	78
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	ANEXOS	83
4.15.	MATRIZ DE CORRELACIÓN	85
4.16.	INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN “CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL”.....	87
4.17.	PRUEBAS DE VALIDEZ DE INSTRUMENTOS	90
4.18.	CONSTANCIAS	995
4.19.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	1084

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración de ácido ascórbico del camu camu	25
Cuadro 2. Variación de la concentración de ácido ascórbico en función al índice de madurez	26
Cuadro 3. Principales minerales en frutos de camu camu	27
Cuadro 4. Minerales en el fruto de camu camu	28
Cuadro 5. Propiedades organolépticas del camu camu	29
Cuadro 6. Composición química del camu camu	30
Cuadro 7. Características fisicoquímicas de cáscaras y semillas de camu camu ..	31
Cuadro 8. Actividad antioxidante del camu camu	32
Cuadro 9. Actividad antioxidante de diferentes muestras usando, las pruebas del DPPH y el ABTS	38
Cuadro 10. Coeficiente de inhibición 50% para los alimentos de origen peruano...	40
Cuadro 11. Máximas inhibiciones expresadas en función al ácido ascórbico equivalente ($\mu\text{m AAE}$)	40
Cuadro 12. Requisitos para las plantas aromáticas en bolsas filtrantes	47
Cuadro 13. Requisitos fisicoquímicos para las plantas aromáticas.....	48
Cuadro 14. Esquema de análisis de varianza para el DCA.....	56
Cuadro 15. Cantidad de muestra de cáscara fresca de camu camu que se necesitó para el secado en la ejecución de tesis.....	58
Cuadro 16. Cantidad de muestra de cáscara secca de camu camu que se necesitó para la elaboración de la bebida funcional	69
Cuadro 17. Análisis del fruto fresco de camu camu.....	62
Cuadro 18. Caracterización fisicoquímica de la cáscara fresca de camu camu	63
Cuadro 19. Actividad antioxidante de la cáscara de camu camu, por el método DPPH	64
Cuadro 20. Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo sabor	64
Cuadro 21. Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo aroma	65
Cuadro 22. Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo color	66
Cuadro 23. Caracterización fisicoquímica de la bebida funcional de camu camu ..	67
Cuadro 24. Tratamientos usados para determinar la temperatura óptima de secado de la cascara de camu camu	74
Cuadro 25. Tratamientos usados para determinar la proporción óptima de cáscara seca de camu camu en la elaboración de la bebida funcional	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de obtención de secado de hierbas.....	42
--	----

INTRODUCCIÓN

En la Amazonía Peruana, existen variedades de frutas tropicales. Uno de estos frutos importantes es el camu camu (*Myrciaria dubia*), debido a su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico), antocianidinas, compuestos fenólicos y flavonoides tanto en la pulpa como en la cáscara, compuestos que tienen excelente acción reductora, lo que lo convierte en un buen antioxidante (MINAG, 2013).

Las perspectivas del aprovechamiento del camu camu se volvieron interesantes a partir del hallazgo en 1957 de un alto contenido de ácido ascórbico tanto en la pulpa como en la cáscara (2780 mg/100g de parte comestible y 3092.62 mg/100g de cáscara) constituyéndose como una excelente materia prima para la industria alimentaria y farmacéutica (Ferreira, 1999).

En la actualidad en el Perú se comercializa el camu camu como fruta fresca y procesada como: mermelada, néctar, refrescos, entre otros. Sin embargo hasta el momento no se aprovecha adecuadamente la cáscara de esta fruta generándose pérdidas significativas, económica y funcionalmente teniendo en cuenta el gran poder de antioxidante que tiene, y a la vez el desecho de este sub producto contamina el medio ambiente al descomponerse.

Considerando las propiedades de la cáscara del camu camu tal como lo indican investigadores como: Muñoz (2007) y Ramos (2009), es imprescindible contar con metodologías adecuadas para conservar sus propiedades y desarrollar nuevos productos a partir de este sub producto.

Por tal motivo se planteó la presente investigación con la finalidad de aprovechar las propiedades antioxidantes de la cáscara de camu camu, evaluando de qué manera afectaba las diferentes temperaturas de secado en la concentración de la capacidad antioxidante y determinar la proporción óptima de cáscara de camu camu para elaborar una bebida filtrante, lo cual servirá como una metodología para transformar este subproducto conservando al máximo sus propiedades debido al interés de las personas a nivel mundial por consumir alimentos con propiedades funcionales, y generar de esta forma un ingreso económico adicional al productor de esta fruta, mitigando a la vez en parte la contaminación ambiental que causa este sub producto al ser desechado directamente al ambiente.

RESUMEN

El objetivo del presente investigación fue evaluar la influencia de diferentes temperaturas de secado en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional a partir de la cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*)

Las características fisicoquímicas de la cáscara de camu camu que se utilizó para la presente investigación fueron las siguientes: cenizas 0,23%, humedad 86,90%, 1,30 de pH, 1,70% de acidez, 5,0°Brix, 1100,00 mg de ácido ascórbico por 100,00g de muestra y un coeficiente de inhibición IC₅₀ de 46,35 mg/mL.

Para la investigación primero se sometió a un secado de la cáscara aplicando diferentes temperaturas: 30°C, 40°C, 50°C, 60°C y 70°C. Aplicando una temperatura de secado de 50°C se obtuvo la mejor concentración de capacidad antioxidante, lo cual al ser analizado por el método de DPPH, reportó un valor para el coeficiente de inhibición IC₅₀ de 1.30 mg/mL. Luego con la muestra se elaboró la bebida funcional utilizando 8 tratamientos con diferentes cantidades de cáscara (5g, 10g, 15g, 20g, 25g, 30g, 35g y 40g por litro de agua hervida respectivamente).

La bebida funcional con diferentes cantidades de cáscara de camu camu se sometió a una evaluación organoléptica de los atributos sabor, aroma y color utilizando una escala hedónica de 7 puntos; siendo el mejor tratamiento T₃ con 15 g de cáscara por litro de agua hervida. En la evaluación fisicoquímica de la bebida de cáscara de camu camu (T₃) se determinó que tuvo 12,10 °Brix, 3,20 de pH, 4,10% de acidez titulable, 750,00 mg de ácido ascórbico por cada 100,00 g de muestra y una actividad antioxidante expresado como el coeficiente de inhibición IC₅₀ de 13.95 mg/mL.

Palabra claves: Camu camu, características organolépticas, temperatura de secado, características fisicoquímicas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence of different drying temperatures in the concentration of antioxidants and organoleptic characteristics of functional beverage from shell camu camu (*Myrciaria dubia*)

The physicochemical characteristics of camu camu shell that was used for this research were as follows: 0,23% ash, 86,90% moisture, pH 1,30, 1,70% acidity, 5,00 °Brix, 1100,00 mg of ascorbic acid per 100,00g of sample and IC50 inhibition ratio of 46,35 mg/mL.

For research first subjected to a drying shell applying different temperatures: 30°C, 40°C, 50°C, 60°C and 70°C. Applying a drying temperature of 50°C the best concentration of antioxidant capacity was obtained, which when analyzed by the method of DPPH, a value reported for inhibition coefficient IC50 of 1,30 mg/mL. Then the sample with the functional beverage was prepared using 8 treatments with different amounts of shell (5g, 10g, 15g, 20g, 25g, 30g, 35g and 40g respectively per liter of boiling water).

The functional beverage with different amounts of camu camu peel underwent sensory evaluation of the attributes flavor, aroma and color using a hedonic scale of 7 points; still the best treatment T₃ with 15 g per liter shell of boiled water. In the physicochemical evaluation drink Camu Camu shell (T₃) identified was 12,10 °Brix, pH 3,20, 4,10% titratable acidity, 750,00 mg ascorbic acid per 100,00g of sample and an antioxidant activity expressed as the IC50 inhibition ratio of 13,95 mg/mL.

Key word: Camu camu, organoleptic characteristics, drying temperature, physicochemical characteristics

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La ciencia ha promovido el cambio de los hábitos alimenticios debido a la asociación entre la salud y la alimentación, por lo que en los últimos años plantea mejorar la salud con la “alimentación funcional” que reducen el riesgo de enfermedades como cáncer producidas por la mala alimentación y productos refinados (Guarner *et al*, 2005).

La Comisión Europea de Ciencia de los Alimentos Funcionales, expresa que un alimento, natural o procesado, es funcional cuando afecta beneficiosamente funciones objetivo en el cuerpo, y logra una buena salud, bienestar y/o reducción de enfermedades (Chadwick *et al*, 2003).

En la Amazonía Peruana, existen variedades de frutas tropicales, que sin duda constituyen una de las riquezas más importantes de esta parte del Perú. Uno de estos frutos importantes es el camu camu (*Myrciaria dubia*), debido a su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico), antocianidinas, compuestos fenólicos y flavonoides tanto en la pulpa como en la cáscara, compuestos que tienen excelente acción reductora, lo que lo convierte en un buen antioxidante (MINAG, 2013).

La producción, recolección y comercialización de camu camu constituye una importante actividad económica y ecológica en la Amazonía, pues genera ocupación permanente al campesino ribereño. La mayor producción del camu camu se encuentra en la Amazonía peruana y brasileña. En el Perú, se produce camu camu en los departamentos de Loreto y Ucayali y en pequeñas cantidades en el departamento de San Martín. Las poblaciones naturales y plantaciones de esta especie se extienden aproximadamente en 1861 ha. Las 761 hectáreas sembradas producen aproximadamente 950 toneladas anuales de fruta fresca. La producción en Loreto sería de 820 toneladas y la de Ucayali 130 toneladas anualmente. Considerando que el porcentaje de cáscara es de 14.49%, la cantidad total en Ucayali de este sub producto es 18837 kg anualmente (Defilippi, 2012).

Las perspectivas del aprovechamiento del camu camu se volvieron interesantes a partir del hallazgo en 1957 de un alto contenido de ácido ascórbico tanto en la pulpa como en la cáscara (2780 mg/100 g de parte comestible y 3092.62 mg/100 g de cáscara) constituyéndose como una excelente materia prima para la industria alimentaria y farmacéutica según (Ferreira, 1999).

En la actualidad en el Perú se comercializa el camu camu como fruta fresca y procesada como: mermelada, néctar, refrescos, entre otros. Sin embargo hasta el momento no se aprovecha adecuadamente la cáscara de esta fruta generándose pérdidas significativas, económica y funcionalmente teniendo en cuenta el gran poder de antioxidante que tiene, a la vez el desecho de este sub producto contamina el medio ambiente al descomponerse. Por tales motivos se plantea el presente trabajo de investigación con la finalidad de aprovechar las propiedades antioxidantes de la cáscara del camu camu de la elaboración de una infusión filtrante,

proponiendo para ello determinar la influencia de diferentes temperaturas de secado en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas en la bebida funcional de cáscara de camu camu, para que de esta manera se aproveche todo el potencial funcional, alimenticio y económico de esta fruta.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente trabajo de investigación se evaluó la actividad antioxidante y características organolépticas de la bebida funcional de la cáscara del camu camu secado a diferentes temperaturas.

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la influencia de diferentes temperaturas de secado de la cáscara de camu camu en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la cáscara de camu camu?
- ¿Cuál será la temperatura óptima de secado de la cáscara de camu camu para obtener mayor concentración de antioxidantes?
- ¿Cuál es la característica organoléptica de la bebida funcional elaborada a partir de la cáscara de camu camu?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la bebida funcional elaborada a partir de la proporción óptima de cáscara de camu camu?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de diferentes temperaturas de secado de la cáscara de camu camu en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*).

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de la cáscara de camu camu.
- Determinar la temperatura óptima de secado de la cáscara de camu camu para obtener mayor concentración de antioxidantes.
- Evaluar las características organolépticas de la bebida funcional elaborada a partir de la cáscara de camu camu?
- Determinar las características fisicoquímicas de la bebida funcional elaborada a partir de la proporción óptima de cáscara de camu camu.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El Perú es el primer productor de camu camu a nivel mundial, le siguen en orden de importancia Brasil, Colombia, Venezuela y Bolivia. En Bolivia se empezó a sembrar desde el 2007 (Defilippi, 2012).

En el Perú la mayor producción de camu camu se da en Loreto y Ucayali, los cuales cuentan con un área de 761 hectáreas de camu

camu en producción, siendo el 87% rodales naturales que podrían ser certificados como orgánicos. El gobierno peruano pretende sembrar 5000 ha de esta planta en Loreto y Ucayali promoviendo la entrega de plantas a los productores con el fin de que estos empiecen a cultivar el camu camu por ser un cultivo promisorio. (PROAMAZONIA, 2009)

Considerando que la cáscara del camu camu tiene propiedades terapéuticas además de ser una excelente fuente de vitamina C y otros compuestos activos como es el caso de los flavonoides tal como lo indican investigadores como: Muñoz (2007) y Ramos (2009). Es imprescindible contar con metodologías adecuadas para conservar sus propiedades y desarrollar nuevos productos a partir de este sub producto, por lo que se plantea la presente investigación con la finalidad de evaluar de qué manera afecta las diferentes temperaturas de secado en la concentración de la capacidad antioxidante y determinar la proporción óptima de cáscara de camu camu para elaborar una bebida funcional.

Estos resultados servirán como una metodología para secar la cáscara del camu camu conservando a lo máximo la capacidad antioxidante que tiene y desarrollar una bebida funcional a partir de este sub producto, generándose datos muy importantes para dar origen a proyectos de inversión debido al interés de las personas a nivel mundial por consumir alimentos con propiedades funcionales, como es el caso de este sub producto que tiene alto contenido de antioxidantes que actúa en el organismo previniendo diversos tipos de enfermedades. El cual es una alternativa para aprovechar la cáscara del camu camu y generar de esta forma un ingreso económico adicional al productor de esta fruta, a la vez se mitigaría en parte la contaminación ambiental que causa este sub producto al ser desechado.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En cuanto a las limitaciones para la ejecución de la presente investigación “EVALUACIÓN DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE SECADO EN LA CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES Y LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA BEBIDA FUNCIONAL ELABORADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CAMU CAMU”, no se presenta limitaciones que puedan ser un impedimento para el desarrollo de los objetivos planteados.

Se dispone de los recursos humanos necesarios, materia prima y de la tecnología para el desarrollo de todos los objetivos planteados, se tiene importantes fuentes de información como antecedentes y se cuenta con el financiamiento económico. Sin embargo en la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía no se cuenta con laboratorios adecuados por la cual se realizó la investigación en la Universidad nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Muñoz (2007) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios”, estudió la estabilidad de las antocianinas y flavonoides del fruto de camu camu, tumo serrano, guinda, noni, aguaymanto, tomate de árbol y tumbo costeño a partir de la pulpa en sus tres estados de maduración: verde, pintón y maduro preparándose muestras de mermelada, néctar y yogurt para su evaluación.

Cuyos resultados reportados indican que el camu camu contiene mayor capacidad antioxidante con 2393.72 mg/100 g, seguido del aguaymanto con 100.89 mg/100 g de fenoles totales, a la vez durante el almacenamiento se registró que la estabilidad de las antocianinas y flavonoides decayó a los 40, 18 y 20 días para mermelada, néctar y yogurt, respectivamente; concluyéndose que los frutos del camu-camu y aguaymanto poseen una actividad antioxidante muy elevada, la guinda, el noni y el yacón poseen una actividad de antioxidante elevada; la carambola, el tumbo serrano y el tomate de árbol poseen una actividad de antioxidante moderada y el tumbo costeño poseen una actividad de antioxidante baja. De igual modo existe una correlación directa entre los valores TEAC y VCEAC y los valores de compuestos fenólicos totales, lo que explica que las frutas de mayor poder antioxidante, como es el camu-camu y el aguaymanto, contienen mayor cantidad de

compuestos fenólicos, recomendándose el consumo de estos frutos promisorios en una alimentación saludable para una mejor calidad de vida.

Ramos (2009) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de compuestos con actividad biológica en cáscara de camu camu (*myrciaria dubia*), guinda (*prunus serotina*), tomate de árbol (*cyphomandra betacea*) y carambola (*averrhoa carambola*)”, evaluó el contenido de polifenoles totales, como la actividad antioxidante frente a 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) radical.

Los resultados demostraron que la cáscara de camu camu presentó mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante: 2293 \pm 25,70 mg GAE/100 g seguido de la carambola con 999,38 \pm 39,12 mg GAE/100 g, ocupando el último lugar la guinda con 735 mg GAE/100 g. Concluyendo que: La cáscara de tomate de árbol presenta mayor contenido de ác. clorogénico, rutina y ác. cafeico en relación a las muestras analizadas, la cáscara de camu-camu presenta mayor contenido de polifenoles totales que las cáscaras de guinda, tomate de árbol y carambola, los métodos de DPPH y ABTS/ABAP coinciden que mayor capacidad antioxidante presenta la cáscara de camu-camu seguida por las cáscaras de guinda, tomate de árbol y finalmente carambola, la cáscara de camu-camu presenta una mayor eficiencia como antioxidante que se relaciona con el mayor contenido de polifenoles presentado.

García (2009) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu (*myrciaria dubia h.b.k.*)”. Realizó la evaluación de la actividad antioxidante, mediante el secuestro de radicales libres del DPPH. Presentando los mejores resultados en cuanto a la actividad antioxidante la cáscara de camu camu secado a 50°C con IC₅₀ de 1,47 mg/mL, seguido de la pulpa fresca con 67,67 mg/mL y con menor actividad la semilla con 399,77 mg/mL. Las mejores

concentraciones para compuestos fenólicos se obtienen en pulpa seca (23168,00 mg/100g) y en cáscara seca (17905,50 mg/100g). Las concentraciones de ácido ascórbico en peso seco, reportan la mayor concentración en pulpa: 14337,94 mg/100g y cáscara: 10506,37 mg/100g, siendo inferior en semilla: 87,08 mg/100g. En la pulpa y cáscara del camu camu se encontraron ácido clorogénico, catequina, epicatequina y rutina, destacando la catequina en cáscara con 47,29 mg/100g. Concluyéndose que la pulpa y cáscara de camu camu presentan una apreciable actividad antioxidante “*in vitro*” de igual modo se establece que la actividad antioxidante del camu camu, sea como pulpa, o cáscara es apreciable, y que la concentración de compuestos fenólicos en la cáscara del fruto de camu camu es muy superior en cuanto a flavonoides y antocianinas.

Zuleyka (2002) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *myrciaria dubia h.b.k.* (camu-camu)” estudió la reducción del contenido de vitamina C (ácido ascórbico en la pulpa del camu camu, obteniendo como resultado una mayor estabilidad de la Vitamina C en congelación registrándose una pérdida de sólo 3,8% a diferencia de los demás tratamientos con pérdidas de 18,4 a 24,6% al término de la evaluación (4 meses), la mejor temperatura de almacenamiento es -17°C a -22°C . Concluyéndose que la composición de los frutos es variable al igual que los contenidos de ácido ascórbico, °Brix y pH de la pulpa, de tal manera el análisis de conglomerados arrojó tres grupos por rendimiento de frutos, 22 accesiones con rendimientos considerados bajos (2,29-11,97 kg/planta), 16 accesiones con rendimientos medios (16,97-30,35 kg/planta) y 05 accesiones con rendimientos altos (36,52-39,24 kg/planta).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades del camu camu

El camu camu es un arbusto nativo de la selva amazónica, su fruto ofrece un alto contenido de vitamina C, se produce naturalmente en áreas de inundación, alrededor del recorrido de los ríos y lagos; en el Perú, la principal fuente de esta fruta son las poblaciones naturales ubicadas en las orillas de los ríos Ucayali y Amazonas, así como varios de sus afluentes, sin embargo se adapta a suelos con buen drenaje y regímenes hídricos con sequías hasta dos meses (Zapata *et al*, 1993).

2.2.1.1. Nomenclatura botánica

Couturier (1998) presenta la siguiente clasificación taxonómica para el camu camu:

Nombre científico	: Myrciaria dubia
Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae
Orden	: Myrtales
Familia	: Myrtaceae
Subfamilia	: Myrtoideae
Género	: Myrciaria
Especie	: M. dubia

2.2.1.2. Origen

Arrate (2007) menciona que el camu camu crece naturalmente en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la Amazonía. Su mayor concentración y diversidad se encuentra en la Amazonía peruana, a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas y sus afluentes, en el sector ubicado entre las localidades de Pucallpa (sobre el río Ucayali) y pebas (sobre el río Amazonas).

2.2.1.3. Descripción botánica

Couturier (1998) describe botánicamente al camu camu de la siguiente forma:

Arbusto: de 3 m, pudiendo alcanzar hasta 8 m de altura, muy ramificado, con ramas que nacen desde tierra.

Tronco: delgado y liso, tiene un diámetro de 10 - 15 cm y es muy ramificado, las ramas son delgadas y levemente péndulas.

Corteza: color café claro a grisácea, la que regularmente se desprende en capas delgadas, con laminillas que se desprenden fácilmente en la época de estiaje, con las ramas superiores hispiduladas.

Hojas: opuestas, simples, enteras, sin estípulas y tienen un peciolo de 1,5 - 3 mm de largo y cerca de 1 mm de ancho; las láminas son lanceoladas a elípticas, de 4,5 - 10 cm de largo, 1,5 - 4,5 cm de ancho, con ápice agudo, base redondeada y cubierta de glándulas. El haz de la hoja es verde oscuro y algo brillante, mientras que el envés es opaco y verde claro. La nervadura se compone de un nervio medio sobresaliente y de hasta 20 pares de nervios

secundarios. Los nervios secundarios forman un ángulo de 45° con el nervio principal y se curvan en dirección al ápice de la hoja.

Inflorescencias: axilares tienen normalmente cuatro flores hermafroditas en dos pares opuestos en el eje de la inflorescencia, que es de 1 - 1,5 mm de largo. Las brácteas y bractéolas son persistentes. El cáliz tiene 2 mm de largo y 2 mm de ancho, se compone de cuatro sépalos, tiene un ápice anchamente redondeado. Los cuatro pétalos son blancos, aovados, de 3 - 4 mm de largo, con margen ciliado. Los cerca de 125 estambres por flor son de 7 - 10 mm de largo, con anteras de 0,5 - 0,7 mm de largo; del ovario ínfero se origina un estilo simple de 10 - 11 mm de largo.

Fruto: comestible, de sabor muy ácido, es una baya esférica con un diámetro de 1 - 3 cm. La baya, que tiene en el ápice una cicatriz hipantial redondeada, desarrolla en estado maduro un color café - rojizo a violeta negruzco y una pulpa carnosa suave en la que se encuentran alojadas 2 - 3 semillas.

Semillas: reniformes de 8 - 5 mm de largo y 5,5 - 11 mm de ancho, de una a tres unidades, conspicuamente aplanadas y cubiertas por una malla de fibrillas.

2.2.1.4. Constituyentes químicos

García *et al* (2007) menciona que el camu camu por ser una especie en proceso de domesticación, sin ecotipos definidos y con una gran variabilidad genética, no es posible tener parámetros fijos, de sus constituyentes químicos. Según los reportes analizados, los frutos de camu camu, contienen ácido ascórbico (vitamina C) en concentraciones mayores a 2000 mg/100 g, así mismo compuestos volátiles como etil acetato, α -pineno, α -fencheno, etil butirato, canfeno, β -pineno, β -mirceno, α - felandreno, α - terpineno, d-

limoneno, β -felandreno, γ -terpineno, p -cimeno, terpinoleno, fenchol, β -cariofileno.

Según la técnica de absorción atómica se identificaron 14 minerales primordiales como son: Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Aluminio, Boro, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Cloro, Cobalto, Cadmio, Plomo. Adicionalmente se encuentran otros compuestos como: carotenoides, compuestos fenólicos totales e individuales, antocianinas totales, flavonoides, compuestos fenólicos, ácidos grasos y aminoácidos.

En la **cáscara** se determinó la presencia de ácido ascórbico, cuatro tipos de antocianidinas, compuestos fenólicos y flavonoides.

En la **semilla** se determinó el contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos, tres tipos de antocianinas y flavonoides.

En las **hojas** se identificaron compuestos volátiles mayoritarios, como α -pineno y limoneno.

a. Vitamina C (ácido ascórbico)

Couturier (1998) menciona que la literatura científica es muy variable en los contenidos de vitamina C en camu camu, esta variabilidad es independiente del método. De acuerdo a las referencias encontradas, trece autores han realizado estudios de vitamina C, utilizando diferentes métodos, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Mediante el método de titulación, los trece autores, indican márgenes de concentración entre 2000 y 3000 mg/100 g. En opinión de los autores, respecto a las diferencias encontradas en los resultados de los análisis de vitamina C en el camu

camu, el proceso de preparación de la muestra podría ser la causa principal de estas diferencias sin dejar de mencionar el método utilizado.

En los reportes, con respecto al contenido de vitamina C de acuerdo al grado de maduración, también hay grandes contradicciones; en varios reportes se indica que el fruto verde contiene mayor cantidad de vitamina C, que en el fruto maduro.

Es de resaltar los resultados obtenidos por Sotero et al (2009), quien obtiene la mayor concentración de ácido ascórbico cuando el material se seca a 50°C, logrando valores superiores a lo reportado por otros autores para pulpa 14337.94 ± 2506.1 mg/100 g; 5 veces superior en cáscara 10506.37 ± 5039.2 mg/100 g y 2 veces mayor en la semilla 87.08 ± 20.5 mg/100 g.

Cuadro 1. Concentraciones de ácido ascórbico del camu camu (vitamina C).

Muestra	Concentración de Vitamina C en 100 g	Parte utilizada	Método utilizado	Fuente
Fruto entero Pulpa Cáscara semillas	1420 mg 1770 mg 2450 mg 610 mg	Fruto entero, pulpa, cáscara, semillas	Titulación	Klimar, <i>et al.</i> , (2009)
Pulpa Cáscara semilla	4337.9 mg 10506.3 mg 87.08 mg	Pulpa, cáscara y Semillas	HPLC	Sotero <i>et al.</i> , (2009)
Inmaduro verde pintón pintón-maduro maduro	1.78 % 2.05 % 2.34 % 2.86 %	Frutos	Titulación	Klimar, <i>et al.</i> , (2009)
Cáscara	1868±283 mg/100g	Frutos	Espectrofotometría UV	García, <i>et al.</i> , (2007)
Cáscara mesocarpo	3092.62 mg 1640,57 mg	Cáscara y pulpa	Titulación	Maeda, <i>et al.</i> , (2006)

Fuente: Couturier (1998)

Cuadro 2. Variación de la concentración de ácido ascórbico en función al índice de madurez.

Grado de madurez	Ácido ascórbico mg/100 ml de pulpa	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (%)	Índice madurez
Verde (0%)	531	5,80	2,75	2,03
Semimaduro (50%)	1043	6,20	2,50	2,40
Maduro (100%)	1156	6,70	1,80	3,70

Fuente: Guijano y Pinol (2007)

b. Compuestos volátiles

Un grupo de los compuestos químicos presentes en camu camu son los referidos a compuestos volátiles, así tenemos que Franco *et al* (2000), determinaron que en los frutos, se encontraban importantes compuestos volátiles como: etil acetato, α -pineno, α -fencheno, etil butirato, canfeno, β -pineno, β -mirceno, α -felandreno, α -terpineno, d-limoneno, β -felandreno, γ -terpineno, ρ -cimeno, terpinoleno, fenchol, β -cariofileno, años más tarde Guijano *et al*, (2007), corroboraron la presencia de algunos de estos compuestos, en la cáscara del camu camu, como el α -pineno y limoneno.

c. Antocianinas

Son glicósidos de antocianidinas, ya que la cianidina-3-glucósido es responsable del color rojo del camu camu (también de otros muchos frutos) (Zanatta *et al*, 2005).

d. **Minerales**

Franco *et al* (2000) determinaron siete elementos minerales en el camu camu, por la técnica de activación de neutrones como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Principales minerales en frutos de camu camu.

F	Minerales	Cantidad en 100 g
u	Potasio	144,10 mg
e	Calcio	10,60 mg
n	Sodio	19,90 µg
t	Zinc	472,00 µg
e	Molibdeno	6,20 µg
:	Cromo	19,90 µg
	Cobalto	2,40 mg

Franco *et al* (2000)

Por la técnica de absorción atómica, fue Justi (2000) quien identificó 11 elementos, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Minerales en el fruto de camu camu.

Minerales	Cantidad por kg
Sodio	111,3±4,3 mg
Potasio	838,8±36,2 mg
Calcio	157,3±4,4 mg
Hierro	5,3±0,4 mg
Magnesio	123,8±8,7 mg
Manganeso	21,1±1,1 mg
Zinc	3,6±0,1 mg
Cobre	2,0±0,2 mg
Cobalto	0,1±0,0 mg
Cadmio	0,01±0,0 mg
Plomo	0,2±0,0 mg

Fuente: Justi (2000)

e. **Compuestos fenólicos**

Franco *et al* (2000) mencionan que se agrupan en este ítem, a muchos tipos de compuestos como son: flavonoides (que incluyen a las catequinas, antocianidinas, antocianinas, flavonoles, flavonas, isoflavonas, auronas, etc) y taninos entre otros compuestos que presentan el grupo fenol en su estructura.

Se identificaron 11 compuestos fenólicos individuales utilizando la técnica de HPLC, Sin embargo discrepando en las concentraciones, es así que Muñoz (2007) reporta 18.7 mg/100 g), superior a lo reportado por Sotero *et al* (2009) que es de 9.015 ± 0.1 mg/100 g y este a su vez es superior a lo reportado por Allerslev (2007) con $1.3 \pm 7.0 \times 10^{-3}$ mg/100 g.

Adicionalmente los autores, obtienen y resaltan contenidos diferentes de unos compuestos sobre otros, Sotero *et al* (2009)

destaca al ácido clorogénico (32.85 ± 1.2 mg/100 g) y epicatequina (30.52 ± 0.1 mg/100 g) en pulpa, catequina (47.29 ± 2.1 mg/100 g) y epicatequina (29.96 ± 0.1 mg/100g) en cáscara; Muñoz (2007) por su parte destaca al ácido cafeico (18.72 mg/100 g), mientras tanto Allerslev (2007) resalta los contenidos de ácido elágico (1.45 ± 0.04 mg/100 g) y quercetrina ($0.6 \pm 7.2 \times 10^{-3}$ mg/100 g) como los sobresalientes.

f. Propiedades organolépticas del camu camu

El trabajo realizado por Ramos (2009) constituye el trabajo más completo, porque se estudiaron los frutos de acuerdo a los estados de maduración (verde, verde-pintón, pintón-maduro, maduro) donde se determina que los frutos maduros son los que presentan las mejores características organolépticas.

Cuadro 5. Propiedades organolépticas del camu camu.

Parámetros	Características
Verde	
Color de la cáscara	Verde
Sabor	Fuertemente ácido
Verde – pintón	
Color de la cáscara	Predominio del verde sobre el rojo
Sabor	Ácido
Pintón – maduro	
Color de la cáscara	Predominio del rojo sobre el verde
Sabor	Ácido
Maduro	
Color de la cáscara	Rojo
Sabor	Acido

Fuente: Ramos (2009)

g. Composición fisicoquímico del camu camu

Franco *et al* (2000) indican que el principal componente en la pulpa de camu camu, es el ácido ascórbico, con un promedio de 2780 mg/100 g de pulpa. A continuación en el cuadro 05 se presenta el valor nutricional.

Cuadro 6. Composición química del camu camu.

Componentes	100 g pulpa
Energía	95,00 cal
Agua	74,10 g
Proteína	2,10 g
Lípidos	1,10 g
Carbohidratos	22,00 g
Fibra	3,00 g
Ceniza	0,70 g
Calcio	96,00 mg
Fósforo	45,00 mg
Hierro	1,80 mg
Vitamina A (Retinol)	46,00 mg
Tiamina	0,02 mg
Riboflavina	0,02 mg
Niacina	3,40 mg
Vitamina C (ác. ascórbico)	49,00 mg

Fuente: Franco *et al* (2000).

Según Ramos (2009) el camu camu tiene un pH de 2.35 – 2.55, °Brix de 6 – 6.5 y acidez titulable expresado en ácido cítrico de 2.50 – 4.3%.

Cuadro 7. Características fisicoquímicas de cáscaras y semillas frescas de camu camu.

Características	g/100 g de muestras de camu camu	
	Cascara fresca	Semillas frescas
Carbohidratos	10,20	38,30
Cenizas	0,20	0,90
Energía total (Kcal)	56,90	180,30
Fibra	1,60	2,20
Grasa	1,70	1,90
Humedad	87,10	56,40
Proteína	0,20	2,50
Vitamina C (mg)	1142,90	9,50

Fuente: Vega (2000).

2.2.1.5. Actividad antioxidante del camu camu

Pinedo (2005) indica que debemos tener en cuenta que la mayor parte de los estudios corresponde a la actividad antioxidante reportan la determinación de la actividad antioxidante por dos métodos, uno de titulación como es el PPO (inhibición de la enzima polifenoloxidasas) y otro espectrofotométrico como es el DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo).

Castañeda *et al* (2008) mediante el método de DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) reporta un porcentaje de inhibición de 98.09% a una concentración de 50 µg/ml, discrepando con los reportes de Allerslev (2007) y Sotero *et al* (2009), que determinaron IC₅₀ superiores con 57.19±5.61 µ/mL y 167,67±30.0 µ/mL a concentraciones de 500 µg/ml y 300 µg/ml respectivamente.

Por su parte Muñoz (2007) reporta un poder antirradical de 289.29 expresado como 1000/EC₅₀. Klinar (2009) por su parte reporta

porcentajes de inhibición de 30.13 a una concentración de 100 $\mu\text{g/mL}$ utilizando el método de PPO (inhibición de la enzima polifenoloxidasas).

Cuadro 8. Actividad antioxidante del camu camu.

Muestra	Actividad antioxidante	Método utilizado
Pulpa	300 $\mu\text{g/mL}$ = 75.33 \pm 78 IC50 $\mu\text{g/mL}$ =167.67 \pm 30.0	DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo)
Cáscara	300 $\mu\text{g/mL}$ = 76.64 \pm 5.1 IC50 $\mu\text{g/mL}$ = 146.94 \pm 2.1	DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo)
Semilla	1000 $\mu\text{g/mL}$ = 85.63 \pm 2.0 IC50 $\mu\text{g/mL}$ =399.77 \pm 15.7	DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo)

Fuente: Sotero *et al* (2009)

2.2.2. Antioxidantes naturales

Ahmad (2001) manifiesta que los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación.

Sandoval (2002) reportan que se considera como antioxidante a toda sustancia que hallándose presente a bajas concentraciones con respecto a un sustrato oxidable (biomolécula), retarda o previene la oxidación de dicho sustrato.

Martínez *et al* (2000) mencionan de una gran parte lo componen los compuestos fenólicos que intervienen como antioxidantes naturales en alimentos de origen vegetal, por lo que la obtención y preparación de alimentos con un alto contenido en estos compuestos, supone una reducción en la utilización de aditivos antioxidantes, a la vez que se obtienen alimentos más saludables. Moléculas que a bajas concentraciones, respecto a las de un

sustrato oxidable, retardan o previenen su oxidación. El antioxidante al chocar con el radical libre cede un electrón, se oxida y se transforma en un radical libre débil no tóxico.

Breene (2000) reporta que los resultados del proceso de fotosíntesis por el que las plantas producen su energía es la liberación de oxígeno. Por lo tanto, las plantas también necesitan protegerse de los efectos dañinos de éste. Para esto han desarrollado diversas sustancias antioxidantes.

Lu *et al* (2000) menciona que los antioxidantes tienen la capacidad de controlar los diversos tipos de radicales libres y productos de oxidación que se producen en el organismo. Algunos antioxidantes se encargan de un tipo de radical libre mientras que otros se encargan de otros. Otro dato importante es que una vez un antioxidante lleva a cabo su labor protectora se convierte también en un radical libre.

Condezo (2002) indica que hay dos propiedades para que un antioxidante sea efectivo

- El antioxidante debe reaccionar rápidamente con radicales errantes, dando un nuevo radical.
- La nueva especie radical debe ser no reactiva, de modo que no ataque a otras moléculas de la vecindad.

Lu *et al* (2000) afirma que se considera antioxidantes nutrientes a los siguientes compuestos químicos:

- Ácido ascórbico y sus formas asociadas
- B-caroteno
- Tocoferoles
- Fenoles
- Algunos minerales como el Zinc y el Selenio

2.2.2.1. Efectos benéficos de los antioxidantes

Condezo (2002) reporta sobre los efectos benéficos de los antioxidantes naturales, básicamente están dados por su capacidad de inhibir radicales libres ejerciendo acción en todos los procesos en los que se reduce o detiene el proceso de oxidación como:

- a. Hidrólisis enzimática de enlaces ésteres para remover ácidos grasos peroxidados de lípidos.
- b. Quelamiento de iones metálicos de transición y reducción de peróxidos por catálisis enzimática.
- c. Reducción de peróxidos por catálisis enzimática

2.2.3. Radicales libres

Ahmad (2001) afirma que los radicales libres son moléculas que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo y que pueden existir independientemente, que los hace muy inestables, extraordinariamente reactivos y de vida corta, con una enorme capacidad para combinarse específicamente en la mayoría de los casos con la diversidad de moléculas integrantes de estructuras celulares: carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y derivados de cada uno de ellos. Se forman en condiciones fisiológicas normales o por factores exógenos en proporciones controlables por los mecanismos de defensas celulares.

Condezo (2002) menciona que los radicales libres, son especies químicas que contienen uno o más electrones desapareados. Los radicales libres de importancia biológica son:

- Óxido nítrico
- Dioxígeno
- Superóxido

- Radicales hidroperoxil - lipídicos

La generación de radicales es una consecuencia natural de la vida, por desarrollarse en un entorno oxigenado.

Las especies radicales que se generan después de la destrucción de estas enzimas, pueden iniciar la oxidación de radicales libres en otras partes de la célula:

- Ataque a los ácidos grasos poli insaturados.
- La cadena de oxidación de radicales libres se refleja macroscópicamente como la “rancidez en alimentos”.

Estrella (2002) manifiesta que los radicales libres pueden capturar el electrón que les falta de las moléculas que están a su alrededor, y así tornarse estables. La molécula atacada (que ahora no tiene un electrón) se convertirá entonces en un radical libre y de este modo se inicia una reacción en cadena que dañará muchas células y puede ser indefinida si los antioxidantes no intervienen.

González *et al* (2000) menciona los radicales libres que se forman en condiciones fisiológicas normales o por factores exógenos en proporciones controlables por los mecanismos de defensas celulares. En situaciones patológicas esta producción se incrementa substancialmente, ingresando al estado del estrés oxidativo. Los radicales libres pueden capturar el electrón que les falta de las moléculas que están a su alrededor, y así tornarse estables. La molécula atacada (que ahora no tiene un electrón) se convertirá entonces en un radical libre y de este modo se inicia una reacción en cadena que dañará muchas células y puede ser indefinida si los antioxidantes no intervienen.

2.2.4. Actividad antioxidante

Vasconcellos (2000) afirma que desde el punto de vista nutricional, la actividad antioxidante, se asocia con su papel protector contra enfermedades cardiovasculares y el cáncer; y consecuentemente en los procesos de envejecimiento.

2.2.4.1. Métodos de determinación de la actividad antioxidante

Arrate (2007) menciona que existen numerosos métodos de determinación de antioxidantes entre ellos tenemos:

ABTS: ácido 2-2 azinobis – (3-etilbenzoatoazolin-6- sulfónico)

DPPH: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

DMPD: Dicloridrato de N,N-Dimetil-p-fenilendiamina

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)

Arrate (2007) afirma que este método se basa en la reducción del radical DPPH por los antioxidantes de la muestra. El radical es estable y tiene una coloración púrpura que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra conteniendo sustancias antioxidantes. La decoloración del radical se determina a 515 nm y la cuantificación se realiza empleando soluciones patrón de ácido ascórbico o trolox.

En general la reacción se puede medir a los 2, 3, 4, 5 y 10 minutos del inicio, ya que en este intervalo, la mayoría de sustancias completan la reacción con el DPPH.

Ventajas:

El ensayo DPPH es un método rápido y sencillo, que no requiere de un equipamiento sofisticado. A diferencia del ensayo ABTS

(TEAC), no es necesario generar el radical puesto que el DPPH se comercializa.

Ahmad (2001) afirma que el DPPH es un reactivo muy usual para investigar la actividad de inhibición de radicales libres de los polifenoles. El mecanismo de reacción consiste en sustraer un átomo de hidrógeno de un fenol donador para dar difenilpicrilhidrazina y un radical fenoxil. La reacción involucra un cambio de color de violeta a amarillo que fácilmente puede ser monitoreado midiendo el decaimiento de la absorbancia a 515 nm.

Arrate (2007) nos dice que el radical fenoxil puede sufrir posteriores reacciones tales como el acoplamiento y fragmentación, que resultan en productos complejos, y que modifica la reacción y los valores del coeficiente de Inhibición del 50% del radical, (IC_{50}), por alteración de la estequiometría.

El IC_{50} es un parámetro que describe en forma global la reacción con el radical, proporcionando información limitada del mecanismo de reacción. El valor de la constante de velocidad de la reacción (K_2) corrige las limitaciones de IC_{50} , incluyendo, además de la concentración, la velocidad de inhibición del radical DPPH. Esto permite diferenciar a los compuestos de acuerdo a su reactividad intrínseca.

Cuadro 9. Actividad antioxidante de diferentes muestras usando las pruebas del DPPH y el ABTS⁺.

Productos	Muestra	Actividad antioxidante (TEAC ^a)	
		DPPH	ABTS ⁺
Jugos frescos ^b	Naranja	81,12	86,36
	Limón	62,54	67,22
	Mandarina	55,28	70,91
Vinos ^c	Vino tinto	139,3	216,29
	Vino blanco	8,22	9,58

^a TEAC = Capacidad Antioxidante como Trolox Equivalente (mg/100mL).

^b Tiempo de reacción = 5 min.

^c Tiempo de reacción = 20 min.

Fuente: Arrate (2007)

2.2.4.2. Polifenoles como antioxidante

Estrella (2002) menciona que los polifenoles son metabolitos secundarios de las plantas distribuidos ampliamente en alimentos de origen vegetal – frutas, cereales, hortalizas y bebidas. Poseen diferentes estructuras químicas y actividad. Gran parte de ellos presentan acción potencialmente beneficiosa para la salud humana, asociados con el consumo de alimentos y bebidas ricos en Polifenoles previenen muchas enfermedades, destacando el cáncer y las enfermedades cardiovasculares además inhiben daños contra el Acido desoxirribonucleico (ADN) y bloquean la acción de enzimas específicas que causan la inflamación (ciclooxigenasa).

La actividad antioxidante de los polifenoles se debe principalmente a sus propiedades rédox, permitiendo actuar como agentes reductores, donadores de hidrógeno y secuestradores del oxígeno; además de tener potencial para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y secuestrar radicales libres.

Catequinas

Estrella (2002) menciona que las catequinas han demostrado in vitro su capacidad para inhibir la COMT (catecolamina-o-metiltransferasa), la enzima que degrada la noradrenalina. Dada la importancia de la noradrenalina en el control de la termogénesis y la oxidación de las grasas, es concebible que las catequinas inhibiendo la COMT incrementen o prolonguen el efecto de la noradrenalina en la termogénesis. Además indica que las catequinas del té verde en solución acuosa y en condiciones aceleradas de almacenamiento, son más estables a 37°C que a 98°C y a bajos valores de pH.

Ahmad (2001) manifiesta que el té verde y té negro en infusión, contienen 2.85 y 1.4 mg/100 g de catequina respectivamente, por lo que sugiere que un consumo superior a 7 tazas de té verde al día (3,5 g de catequinas diarias) es una buena elección para prevenir las enfermedades cardiovasculares.

Mattivi (2002) reporta que el fruto de las moras contiene 20 mg de catequina/100 g de muestra fresca.

2.2.4.3. Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos

Zavaleta (2008) determinó la existencia de los antioxidantes: ácido clorogénico, cafeico y ferúlico, de los flavonoides rutina, quercetina y morina, así como la capacidad antioxidante de ocho alimentos peruanos. La identificación y cuantificación de los extractos hidroalcohólicos se realizó por cromatografía líquida de alta performance a 370 nm con fase móvil de agua pH 2,5 y acetonitrilo en gradiente utilizando un estándar externo.

Para evaluar la capacidad antioxidante se determinó el coeficiente de inhibición al 50% del radical libre DPPH donde el aguaymanto presentó 41 mg/ml. Se comprobaron que los alimentos estudiados

presentan evidente capacidad antioxidante y que contienen la gran mayoría de los compuestos fenólicos estudiados.

Cuadro 10. Coeficiente de inhibición 50% para los alimentos de origen peruano.

Alimentos	IC ₅₀ (mg/ml)*	Modelo	R ²
Huacatay	9,44 +-0,97	y=85,328e-0,0566x (a)	0,9761
Olluco	147,29+-1,01	y=0,0004x ² -0,3396x+91,342(e)	0,9852
Sachatomate	140,09+-1,60	y=0,2329x+82,627(e)	0,9964
Sachapapa morada	109,27+-1,02	y=0,0011x ² - 0,508x+92,37(d)	0,9406
Pituca	95,53+-0,62	y=89,549e-0,0061x(c)	0,9701
Sachaculantro	213,86+-0,51	y=90,997e-0,0028x(f)	0,9695
Aguaymanto	41,17+-1,08	y=96,614e-0,016x(b)	0,988
Tumbo	101,10+-0,88	y=98,435e-0,0067x(d)	0,9892

* Valores representan el promedio SD, n = 3, las letras unidas (a-e), a las columnas representan la diferencia significativa a p<0.05, según la prueba tukey

Fuente: Zavaleta (2008)

Cuadro 11. Máximas inhibiciones expresadas en función al ácido ascórbico equivalente (µm AAE).

ALIMENTOS	CONC (mg/mL)	ABS máx	PORCENTAJE DE INHIBICION	(µm AAE)*
Huacatay	60	0,160	84,76	33,9
Olluco	60	0,760	27,62	10,91
Sacha tomate	60	0,740	29,56	11,69
Sacha papa morada	60	0,640	39,05	15,51
Pituca	60	0,650	38,10	15,12
Sacha culantro	60	0,800	23,81	9,38
Aguaymanto	60	0,420	60,00	23,94
Tumbo	60	0,690	34,29	13,59

* Valores expresados en (M ácido ascórbico equivalente) se utilizó la curva patrón de ácido ascórbico del (instituto de Investigación Bioquímica y nutrición, 2004) Y= 2,4855X - 0,5052, R2 = 99,67. Las lecturas fueron tomadas a los 30 minutos de monitoreo.

Fuente: Zavaleta (2008)

2.2.5. Secado de plantas

Fernando (1996) indica que la razón más importante desde el punto de vista técnico por la que se seca las hierbas es su conservación, por este método se promueve el mantenimiento de los componentes de vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos, además de permitir su almacenamiento por un tiempo determinado antes de su utilización.

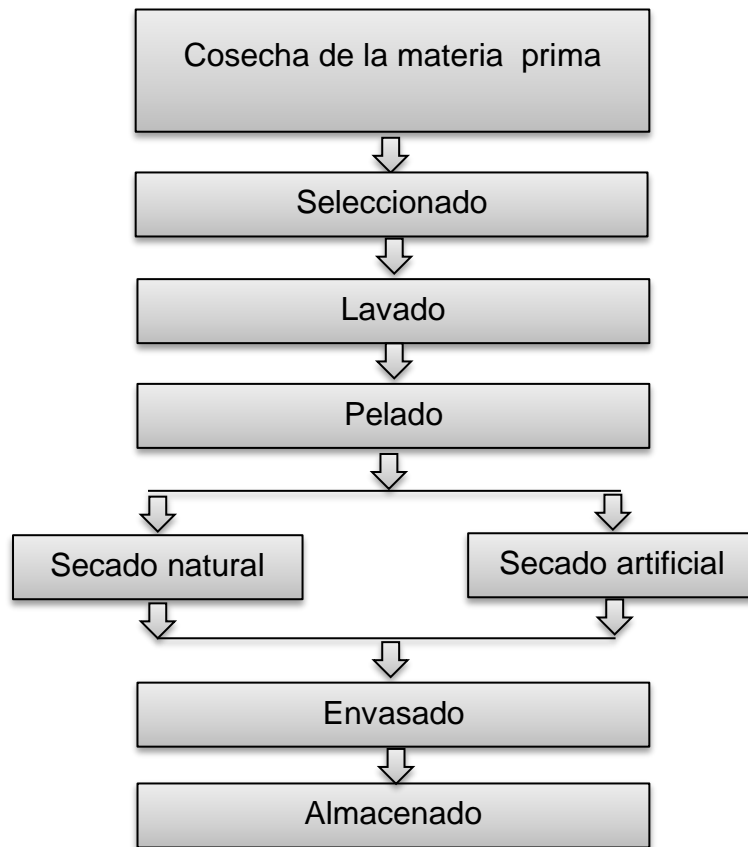
Durante el secado de las plantas se elimina el agua para evitar su deterioro, pérdida de las sustancias activas o sus características organolépticas. La rapidez de este proceso depende del aire y de las características del producto (Martínez *et al*, 2000).

Crapiste (1991) menciona que mediante el secado se prolonga la vida útil de los alimentos, reduce la proliferación de los microorganismos. Tal vez por ello, esta técnica es una de las más antiguas, probablemente su práctica viene de la época en que nuestros ancestros pasaron de cazadores recolectores a agricultores, y desde ese momento se ha mantenido como uno de los métodos más usados para conservar los alimentos.

Intermediate (2001) indica que el secado de las plantas tiene las siguientes ventajas:

- Prolonga la vida útil del producto.
- Los costos del envasado son muy reducidos (En lugar de botellas o latas se usan bolsas de plástico y papel).
- Reduce el peso y el volumen del producto final lo que facilita el costo de transporte y el almacenamiento.

Figura 1. Proceso de obtención de secado de hierbas.



Fuente: Fernando (1996)

a. Cosecha de la materia prima

Fernando (1996) sugiere que la recolección de las plantas se da cuando hayan alcanzado su madurez biológica, para lo cual es necesario un buen conocimiento de las especies, el sector y el terreno donde crecen, su biología, su localización y condiciones ecológicas; elementos que determinarán la época más favorable para la cosecha.

b. Seleccionado

Intermediate (2001) se selecciona las materias primas dañadas o malogradas para tener uniformidad física, química y organolépticamente.

c. Lavado

Se realiza el lavado de la materia prima con hipoclorito de sodio 1 mL/L de agua, para eliminar los microorganismos que se encuentran adheridas en la materia prima (Fernando, 1996).

d. Pelado

Según las características de la materia prima se realiza el pelado con suma delicadeza, para después ser llevadas a una bandeja donde se someterá a un secado (Intermediate, 2001).

e. Secado natural

Si se cuenta con condiciones climáticas adecuadas, baja humedad relativa y temperatura elevada, el secado natural requiere poco gasto y es sencillo de realizar.

Se puede realizar colocando el material en capas delegadas sobre catres que se exponen al aire libre. El tiempo de secado dependerá de las condiciones climáticas y de la naturaleza de la materia a secar una hierba, compuesta por hojas y delgados tallos leñosos, en condiciones apropiadas, demorará alrededor de 2 a 4 días en alcanzar condiciones de humedad tales que pueden ser almacenadas (Fernando, 1996).

f. Secado artificial

El secado artificial o mecánico determina mayores gastos pero tiene ventaja al controlarse las variables de tratamiento en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial (Fernando, 1996).

g. Envasado

La Norma Técnica Colombiana (NTC: 3506, 1998) establece que: los vegetales secos previamente molturados se empaca en bolsas para protegerlo de la humedad relativa.

h. Almacenado

El producto seco debe ser almacenado en un lugar fresco, seco aireado y protegido de la luz. Se deben proteger además contra insectos, roedores, hongos y mohos. La conservación no debe ser por más de un año, para usar productos en buenas condiciones y calidad (Fernando, 1996).

2.2.5.1. Métodos de secado

a. Secador de bandejas

Intermediate (2001) indica que el secado en bandeja es la técnica más común porque no requiere el uso de equipo altamente especializado como ocurre con el secado por atomización o en la liofilización. Consiste en una cámara de secado con bandejas apiladas a través de las cuales circula el aire caliente, provista interiormente de un ventilador para circular aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido, bien,

horizontalmente entre bandejas cargadas de hierba, o bien, verticalmente a través de las bandejas perforadas.

Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación. Los calentadores del aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o, en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica.

b. Secador de túnel

Fernando (1996) indica que este método permite deshidratar en forma semi continua con una gran capacidad de producción. Consiste en un túnel que puede tener hasta un poco más de 20 m de longitud con una sección transversal rectangular de más o menos, hasta 2x2 m.

El producto a secar se extiende en capas uniformes sobre bandejas de malla metálica, listones de madera, etc. Las bandejas se apilan sobre carros o vagonetas dejando espacios entre las bandejas para que pase el aire de desecación. Las vagonetas cargadas se introducen de uno en uno, a intervalos adecuados, en el túnel de desecación. A medida que se introduce una carretilla por el extremo "húmedo" del túnel se retira otra carretilla de producto seco por el "extremo seco". El aire se mueve mediante ventiladores que lo hacen pasar a través de calentadores y luego fluye horizontalmente entre las bandejas.

2.2.5.2. Factores que intervienen en el proceso de secado

a. Temperatura del aire

La temperatura desempeña un papel importante en los procesos de secado. En forma general, conforme se incrementa el valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles.

En la práctica del secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso (Fernando, 1996).

b. Temperatura superficial

Intermediate (2001) Indica que la temperatura superficial de la materia sometido al proceso de secado, se mide por medio de un sensor infrarrojo.

c. Humedad relativa del aire

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua la misma temperatura. Generalmente se expresa en porcentaje, a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa.

Cuando el aire contiene su máxima capacidad, se dice que se trata de un aire completamente saturado y por lo tanto incapaz de absorber más humedad por el contrario, un aire no saturado tiene la posibilidad de absorber una cantidad determinada de humedad hasta lograr su saturación (Fernando, 1996).

d. Velocidad del aire

La velocidad del aire dentro del secador tiene como función principal, transmitir la energía requerida para extraer el agua contenido en el material, facilitando su desecación y transportando la humedad saliente del material.

La capa límite que existe entre el material a secar y el aire juega un papel importante en el secado. Cuanto menor sea el espesor de esta capa límite, más rápida será la remoción de humedad. Durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. A mayor velocidad, más rápido se extrae agua y el tiempo de secado será en menor tiempo (Fernando, 1996).

2.2.6. Elaboración de filtrante e infusión

2.2.6.1. Requisitos para plantas aromáticas en bolsas filtrantes

Según la Norma Técnica Colombiana (NTC: 2698, 1998) las plantas aromáticas en bolsas filtrantes deben cumplir los requisitos fijados en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Requisitos para las plantas aromáticas en bolsas filtrantes.

Requisito	Límite máximo (%)
Materias extrañas	2,00
Tallos propios de la planta	10,00
Humedad	8,00

Fuente: Norma Técnica Colombiana (1998)

2.2.6.2. Requisitos fisicoquímicos para las plantas aromáticas en bolsas filtrantes.

La Norma Técnica Colombiana (NTC: 2698, 1998) menciona que las plantas aromáticas en bolsas filtrantes deben cumplir los requisitos fisicoquímicos fijados en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Requisitos fisicoquímicos para las plantas aromáticas

Nombre común	Cenizas % m/m máx.	Cenizas insolubles en HCl, % m/m máx.	Aceite volátil % m/m min	Fibra bruta % m/m máx.	Extracto etéreo fijo, % m/m min.
Acasia de la india	5,90	0,12	----	22,00	2,30
Albahaca	16,00	2,00	0,30	15,00	----
Anís	10,00	2,00	1,50	25,00	----
Apio de monte	12,00	3,00	1,50	----	10,00
Borraja	19,60	3,30	----	12,90	0,96
Caléndula	12,60	1,05	0,10	13,60	4,20
Canela	6,00	2,00	0,40	14,00	0,80
Cardamomo	10,00	3,00	2,00	30,00	----
Manzanilla	15,00	1,50	0,30	25,00	----
Menta verde	12,00	2,50	0,50	15,00	----
Menta en poleo	7,50	10,00	1,20	----	----
Naranja dulce	13,00	0,10	0,20	21,90	1,40

Fuente: Norma Técnica Colombiana (1998)

2.2.6.3. Preparación de infusión de plantas aromáticas

Según la Norma Técnica Colombiana (NTC: 3408, 1998) la infusión se debe realizar en tazas de porcelana blancas y con tapa (la tapa deberá ser de ajuste holgado y provista de una abertura pequeña para permitir la entrada de aire cuando la infusión se vierta a la taza). En forma general 2 g de infusión es para 100 cm³ de agua,

La infusión se realiza con agua a una temperatura de 65 a 80°C y se le deja reposar durante 6 minutos hasta que termine la infusión.

Camacho (2002), las bebidas de frutas debe ser libre de materia y sabores extraños, poseen color uniforme y olor semejante al de la respectiva fruta, el contenido de azúcares debe variar entre 12 a 18 °Brix, de 3.5 - 4.5% de acidez y el pH debe estar en el rango de 3.0-3.5 para conservar mejor las propiedades del producto. En el caso de que la bebida sea elaborada con dos o más frutas, el porcentaje de sólidos solubles estará determinado por el promedio de los sólidos solubles aportados por las frutas constituyentes.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a. **Antioxidante:** Es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que dañan las células (Norma Técnica Colombiana, 1998).
- b. **Cáscara:** La cáscara es la capa protectora de una fruta u otro vegetal, del cual puede desprenderse con facilidad. En botánica, se refiere usualmente al exocarpio, no obstante el término exocarpo se refiere también a cubiertas más duras en el caso de la nuez, que no posee propiamente una cáscara, porque su capa protectora no puede desprenderse con facilidad (Fernando, 1996).
- c. **Máxima concentración inhibitoria media IC₅₀:** Es una medida de la eficacia de una sustancia en la inhibición de una función biológica o bioquímica específica. Esta medida cuantitativa indica la cantidad de un medicamento en particular

o de otra sustancia (inhibidor) que se necesita para inhibir un proceso biológico dado (o componente de un proceso, es decir, una enzima, célula, un receptor celular o microorganismo) (Intermediate, 2001).

- d. Trolox:** Es un análogo hidrosoluble del alfa-tocoferol. En virtud de su alta solubilidad en agua y su amplia disponibilidad comercial, el trolox es universalmente empleado como estándar en las curvas de comparación de diversos ensayos de actividad antioxidante (Fernando, 1996).

- e. Bebidas funcionales:** Las bebidas funcionales son aquellas que ofrecen beneficios para la salud y el autocuidado; pueden ser funcionales naturalmente como el té (contiene antioxidantes en forma natural) o pueden adicionarse Nutracéuticos como el Calcio de leche, omegas, proteína aislada de soya, fibras, prebióticos, probióticos, L. carnitina, Polifenoles, vitaminas, minerales y otros ingredientes que le confieren beneficios específicos que pueden ser declarados en el producto (Intermediate, 2001).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

- Las diferentes temperaturas de secado de la cáscara de camu camu influyen en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional elaborada a partir de la cáscara de camu camu.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La cáscara de camu camu presenta características fisicoquímicas apropiadas para la elaboración de bebida funcional.
- Si se determina la temperatura óptima de secado obtendremos mayor concentración de antioxidantes en la cáscara de camu camu.
- Mediante la evaluación de las características organolépticas se determinará la proporción óptima de cáscara de camu camu para elaborar la bebida funcional a partir de este sub producto.
- Las características fisicoquímicas de la bebida funcional elaborada a partir de la proporción óptima de cáscara de camu camu se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas internacionales de alimentos funcionales.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable independiente

X_1 = Temperatura de secado de la cáscara de camu camu.

X_{11} : 30°C

X_{12} : 40°C

X_{13} : 50°C

X_{14} : 60°C

X_{15} : 70°C

X_2 = Cantidad de cáscara de camu camu por litro de agua para elaborar la bebida funcional.

X_{21} : 5 g

X_{22} : 10 g

X_{23} : 15 g

X_{24} : 20 g

X_{25} : 25 g

X_{26} : 30 g

X_{27} : 35 g

X_{28} : 40 g

2.5.2. Variable dependiente

Y_1 = Capacidad antioxidante de la cáscara seca del camu camu.

Y_2 = Características organolépticas de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de camu camu (sabor, color y aroma).

Y_3 = Características fisicoquímicas de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de camu camu.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Los procesos del presente trabajo de investigación se realizaron en el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Agroindustrial (CITTA) de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNHEVAL, los análisis fisicoquímicos de las muestras se realizaron en el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en el Laboratorio BIOVITAL ubicado en el distrito de Amarilis – Huánuco y los análisis organolépticas se realizaron en la sala de procesos alimentarios de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial - Huánuco.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio, la investigación fue de tipo Aplicada.

3.2.2. Nivel de investigación

Fue experimental, porque intencionalmente se manipuló las variables independientes.

3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Materiales y equipos

3.3.1.1. Materiales de proceso

- ✓ Bandejas de 10 y 15 L.
- ✓ Jarras de 1/2 y 1 L.
- ✓ Cucharones, cucharas
- ✓ Vasos.
- ✓ Cocina semi industrial de tres hornillas.
- ✓ Ollas de 10 y 20 L.
- ✓ Licuadora de 2 L. colador.
- ✓ Baldes de 10 y 20 L.

3.3.1.2. Materiales de laboratorio

- ✓ Vasos de precipitación de 200 mL.
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Pipetas de 10 mL.
- ✓ Micropipeta
- ✓ Gradillas.
- ✓ Papel filtrante (fundas de polietileno–polipropileno).
- ✓ Botellas de vidrio con tapa rosca.
- ✓ Embudos.
- ✓ Espátula.
- ✓ Termómetro de -10 a 150°C.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Cubetas de poliestireno de 1 mL.
- ✓ Micropipeta de 10 μ L a 100 μ L y de 100 μ L a 1000 μ L.

3.3.1.3. Materiales de escritorio y otros

- ✓ Libreta de apuntes.
- ✓ Lapiceros.
- ✓ Tajador.
- ✓ Resaltador.

- ✓ Memoria USB.
- ✓ Corrector.
- ✓ Lápices de carbón 2B.
- ✓ Papel bond A4 de 80 gramos.
- ✓ Papel bulky.
- ✓ Cámara fotográfica digital.

3.3.1.4. Equipos

- ✓ Espectrofotómetro de rango visible: marca génesis Cimatex, Alemania
- ✓ Secador de bandejas, Alemania
- ✓ Balanza analítica, marca OHAUS, con precisión de 0.001 g, Alemania
- ✓ Estufa: marca MEMMERT, modelo TV-90, Alemania
- ✓ Mufla eléctrica: marca PATERSCO, Modelo HME 42- C20, con un rango máximo de temperatura de 800°C, Alemania
- ✓ Equipo Kjendhal: marca DECK modelo 2117900, Americana
- ✓ Equipo Souflex: marca MATSUGITA, modelo PK – 10, Alemania
- ✓ Secador de bandejas: marca CAKESTAND, modelo PSL-10, Alemania
- ✓ pH-metro: digital, marca ALPS, modelo PEN TYPE, rango 0.00 - 14.00, Alemania.

3.3.1.5. Reactivos

- ✓ Metanol
- ✓ Alcohol
- ✓ 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)
- ✓ Sigma chemical.
- ✓ Hidróxido de sodio (NaOH)
- ✓ Fenolftaleína.

3.3.1.6. Materia prima

Se utilizó como materia prima la cáscara del camu camu seco procedente de las riberas del río Ucayali, ciudad de Pucallpa, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali.

Se midió el índice de madurez de los frutos de camu camu para uniformizar las características fisicoquímicas de la cáscara (materia prima) mediante la relación de ($^{\circ}\text{Brix}/\% \text{Acidez titulable}$). El índice de madurez se midió de los frutos que habían alcanzado el 100% de coloración rojiza.

3.3.1.7. Insumos y aditivos

- ✓ Azúcar blanca
- ✓ Sorbato de potasio

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Para el estudio de la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu.

Para la evaluación de la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu y la bebida funcional sometidos a diferentes temperaturas de secado (30, 40, 50, 60 y 70°C), se utilizó el ANVA correspondiente al diseño completamente al azar.

El modelo matemático correspondiente a un DCA (Diseño Completamente al Azar) tiene la ecuación siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Concentración de antioxidante de la j – ésima repetición de la temperatura de secado con el i -ésimo tratamiento.

μ Efecto de la media general.

τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento (temperatura utilizada para el secado de cáscara de camu camu).

ϵ_{ij} : Efecto del error experimental.

Cuadro 14. Esquema de análisis de varianza para el DCA

FV	SC	GL	CM	F0
TRATAMIENTO	SCF	K-1	CMF = SCF/ (K-1)	CMF/ CME
ERROR	SCE= SCT - SCF	N-K	CME=SCE/N-K	
TOTAL	SCT	N-1		

Fuente: Steell *et al* (1996)

La comparación de tratamientos, se realizó a través de la prueba de Tukey con un nivel de significación $\alpha = 5\%$.

3.4.2. Para el estudio de la evaluación organoléptica de la bebida funcional

Con el mejor tratamiento de secado de la cáscara de camu camu se elaboró la bebida funcional, al cual se le realizó el estudio organoléptico. Para la evaluación sensorial se trabajó con la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación $\alpha = 5\%$ y su correspondiente prueba de clasificación de tratamientos (Calzada, 1990).

El procedimiento de la prueba de Friedman se resume de la siguiente manera:

Suma de los rangos de cada condición (tratamiento).

$$Rt = \sum_{j=1}^b Rij$$

Cálculo del estadístico de la prueba (T_2).

$$A_2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b Rij^2$$

$$B_2 = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k Ri^2$$

$$T_2 = \frac{(n-1) \left[B_2 - \left(\frac{bk(k+1)^2}{4} \right) \right]}{A_2 - B_2}$$

$$T_2 = \frac{(k-1) \left[bB - \left(\frac{b^2k(k+1)^2}{4} \right) \right]}{A_2 - \frac{bk(k+1)^2}{4}}$$

Cuando la hipótesis nula es rechazada, la prueba de Friedman presenta un procedimiento para comparar a los tratamientos por pares. Se dirá que los tratamientos i y j difieren significativamente si satisfacen la siguiente desigualdad

$$t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right), (b-1)(k-1)} \sqrt{\frac{2b(A_2 - B_2)}{(b-1)(k-1)}}$$

Para las múltiples comparaciones los criterios de decisión son:

$$|R_i - R_j| > F \quad \text{se rechaza la } H_0$$

$$|R_i - R_j| \leq F \quad \text{se acepta la } H_0$$

3.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

3.5.1. Población

La población a estudiar fue la cáscara de camu camu seca (*Myrciaria dubia*) procedente de las riberas del río Ucayali, Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Pucallpa, departamento de Ucayali.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 50.0 kg de cáscara fresca y 5.4 kg de cáscara seca de camu camu maduros (100% de coloración rojiza) para el total de tratamientos del experimento. El tipo de muestreo realizado fue probabilístico "Muestreo aleatorio simple".

Cuadro 15. Cantidad de muestra de cáscara fresca de camu camu que se necesitó para el secado en la ejecución de la tesis.

Tratamientos	Temperatura de secado	Cantidad de cáscara fresca en kg
T ₁	30°C	10,00
T ₂	40°C	10,00
T ₃	50°C	10,00
T ₄	60°C	10,00
T ₅	70°C	10,00
Total de cáscara fresca necesario		50,00 kg

Cuadro 16. Cantidad de muestra de cáscara seca de camu camu que se necesitó para la elaboración de la bebida funcional.

Tratamientos	Cantidad de bebida elaborado en las tres repeticiones	Cantidad de cáscara por litro de bebida	Cantidad de cáscara por tratamiento
T ₁	30,00 L.	5,00 g	150,00 g
T ₂	30,00L.	10,00 g	300,00 g
T ₃	30,00 L.	15,00 g	450,00 g
T ₄	30,00 L.	20,00 g	600,00 g
T ₅	30,00 L.	25,00 g	750,00 g
T ₆	30,00 L.	30,00 g	900,00 g
T ₇	30,00 L.	35,00 g	1050,00 g
T ₈	30,00 L.	40,00 g	1200,00 g
Total de cáscara de camu camu requerido			5400,00 g 5,40 kg

3.5.3. Unidad de análisis

750 mL de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de camu camu.

3.6. DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

a. Técnicas de investigación documental o bibliográfica

- **Análisis documental:** Nos permitió el análisis del material estudiado y precisarlo desde un punto de vista analítico.

- **Análisis de contenido:** Se estudió y analizó de una manera objetiva y sistemática el documento leído.
- **Fichaje:** Se usó para construir el marco teórico y la bibliografía del presente trabajo de investigación.

b. Técnicas de campo

- **Observación:** Nos permitió recolectar los datos directamente del proceso de secado y elaboración de la bebida funcional de la cáscara de camu camu mediante espectrofotometría, donde se obtuvo los resultados sobre la capacidad antioxidante para las conclusiones del presente informe final.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos fueron elaborados de acuerdo a lo establecido por Calzada (1990), y a la vez fueron sometidos a juicios de expertos para su evaluación de coherencia y correlación. Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- **Para la recolección de información bibliográfica**
 - **Fichas de investigación o documentación:** Comentario y resumen.
 - **Fichas de registro o localización:** Bibliográficas, hemerográficas e internet.
- **Para la recolección de información en laboratorio:** Libreta de apuntes y cámara fotográfica.
- **Para la evaluación sensorial:** El instrumento que permitió recopilar en forma cualitativa los valores de los atributos

organolépticos de los tratamientos en estudio, fue la ficha de evaluación sensorial validada mediante juicio de expertos.

La recolección de los datos en la evaluación sensorial se realizó en horas de la mañana (10: 00 a 11:00 am) en un ambiente adecuado para esta actividad según lo recomendado por Calzada (1990).

- **Procesamiento y presentación de los resultados:** Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por una computadora utilizando el software Microsoft Office con sus hojas: de texto Word y cálculos Excel. De acuerdo al diseño de investigación propuesto la presentación de los resultados está en cuadros, tablas, gráficos según corresponda; y para el procesamiento de los datos estadísticos se utilizó el software estadístico SPSS 21.

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS

4.1.1. ÍNDICE DE MADUREZ DEL FRUTO FRESCO DE CAMU CAMU

En el cuadro 17 se presentan los resultados del índice de madurez del fruto fresco de camu camu, el cual se obtuvo de la relación de °Brix/Acidez titulable.

Cuadro 17. Análisis del fruto fresco de camu camu.

Análisis	Resultados
°Brix	6,60
Acidez	1,80
Índice de madurez (°Brix/acidez)	3,67

Se observa el resultado del índice de madurez de 3.67, del fruto del camu camu que habían alcanzado el 100% de coloración rojiza, que fue usado para la ejecución de la presente investigación.

4.1.2. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA CÁSCARA FRESCA DE CAMU CAMU

En el cuadro 18 se presenta los resultados de los análisis fisicoquímicos de la cáscara fresca de camu camu:

Cuadro 18. Caracterización fisicoquímica de la cáscara fresca de camu camu, en 100,00g de muestra.

Componentes	Cantidad
Cenizas (%)	0,23
Humedad (%)	86,90
pH	1,30
Acidez (%)	1,70
°Brix	5,00
Concentración de ácido ascórbico (mg/100 g)	1 100,00
Actividad antioxidante IC ₅₀ (mg/mL)	4,35

Se observan los resultados del análisis fisicoquímico de la cáscara fresca de camu camu, la cual contiene 0,23% de cenizas, 86,9% de humedad, 1,3 de pH, 1,7% de acidez, 5,0 °Brix, concentración de ácido ascórbico 1100,00 mg/100g de muestra y una actividad antioxidante expresado como el coeficiente de inhibición IC₅₀ de 4,35 mg/mL, necesarios para inhibir la actividad de radicales libres.

4.1.3. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA SECA DE CAMU CAMU.

En el cuadro 19 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante de la cáscara de camu camu, secado a diferentes temperaturas.

Cuadro 19. Actividad antioxidante de la cáscara de camu camu, por el método DPPH.

Temperaturas de secado	IC50 (mg/mL)
30 °C	1,73
40 °C	1,68
50 °C	1,39
60 °C	1,80
70 °C	2,01

Se observa en los resultados que a la temperatura de secado de 50°C, se obtuvo la mayor actividad antioxidante reportándose un valor del IC₅₀ de 1,39 mg/mL, se demuestra que a esta temperatura hay mayor capacidad captadora de antioxidantes que se necesita para inactivar o estabilizar los radicales libres, seguido de las temperaturas de secado de 40°C, 30°C, 60°C y 70°C con un IC₅₀ de 1,68 mg/mL, 1,73 mg/mL, 1,80 mg/mL y 2,01 mg/mL respectivamente.

Así también, en el siguiente cuadro se observan los resultados de la prueba de promedios de Tukey al 5% de probabilidad, para la evaluación de la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu sometido a diferentes temperaturas de secado.

Cuadro 20. Valores promedios de la evaluación de la Actividad antioxidante de la cáscara de camu camu de los tratamientos en estudio.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA	PROMEDIO	Tukey $\alpha = 5\%$				
			1	2	3	4	5
T ₃	50°C	1.39	a				
T ₂	40°C	1.68		b			
T ₁	30°C	1.73			c		
T ₄	60°C	1.80				d	
T ₅	70°C	2.01					e

En el cuadro 20, con respecto a la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu, se observa que todos los tratamientos presentan diferencia estadística; siendo el tratamiento T₃ el que presenta mayor actividad antioxidante (1,39 mg/mL), seguido de los tratamientos T₂ (1,68 mg/mL), T₁ (1,73 mg/mL), T₄ (1,80 mg/mL) y T₅ (2,01 mg/mL), según la prueba de Tukey al 5%.

4.1.4. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA BEBIDA FUNCIONAL A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CAMU CAMU

En la evaluación organoléptica aplicado a 15 panelistas para los atributos sabor, aroma y color; muestran los siguientes resultados estadísticos para la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu, como se detalla a continuación.

Cuadro 21. Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo sabor.

Tratamiento	Promedio	Friedman 0.05		
		1	2	3
T ₃	6,07	a		
T ₂	5,07		b	
T ₄	4,73		b	
T ₁	4,67		b	
T ₅	4,47		b	
T ₇	4,40		b	
T ₆	4,07		b	
T ₈	3,67			c

En el cuadro 21, según la comparación de los tratamientos por la prueba de Friedman para el atributo sabor de la bebida funcional de cáscara de camu camu, se observan 3 grupos (a, b, c) que son estadísticamente diferentes entre sí, siendo el mejor el tratamiento

T₃ (15 g de cáscara de camu camu por litro de agua), que presenta el promedio de calificación más alto otorgada por los panelistas de 6,07 correspondiente al calificativo de muy agradable por tener un sabor semejante al de la fruta; seguido del grupo “b”, conformado por los tratamientos T₂, T₄, T₁, T₅, T₇ y T₆ que son estadísticamente iguales entre sí, pero con diferencia significativa a los tratamientos del grupo “c”.

Cuadro 22. Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo aroma.

Tratamiento	Promedio	Friedman 0.05
T ₃	5,00	a
T ₄	4,87	a
T ₅	4,87	a
T ₇	4,87	a
T ₈	4,87	a
T ₂	4,80	a
T ₆	4,80	a
T ₁	4,60	a

En el cuadro 22 según la comparación de los tratamientos por la prueba Friedman, para el atributo aroma de la bebida funcional a base de cáscara de camu camu, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, por lo que para elegir al mejor predomina el resultado dado para el atributo sabor.

Cuadro 23. Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo color.

Tratamiento	Promedio	Friedman 0.05	
		1	2
T ₅	5,40	a	
T ₆	5,27	a	
T ₄	5,20	a	
T ₃	5,07	a	
T ₇	5,00	a	
T ₈	4,00		b
T ₂	3,73		b
T ₁	3,07		b

En el cuadro 23, según la comparación de los tratamientos por la prueba Friedman, para el atributo color de la bebida funcional de cáscara de camu camu se observa al tratamiento T₅ (25 g de cáscara por litro de agua) con una calificación otorgada por los panelistas de 5,40, seguido por el tratamiento T₆ (30 g de cáscara por litro de agua) con una calificación de 5,27, el tratamiento T₄ (20 g de cáscara por litro de agua) con un calificativo de 5,20, el T₃ (15 g de cáscara por litro de agua) con un calificativo de 5.07 y el tratamiento T₇ (35 g de cáscara por litro de agua) con un calificativo de 5.00, establecidos dentro de la escala hedónica como “bueno”. Además se pueden observar dos grupos que muestran diferencias significativas en los tratamientos, existiendo diferencia significativa entre el grupo “a” y “b” para el atributo color.

4.1.5. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA BEBIDA FUNCIONAL OBTENIDA CON LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE CÁSCARA DE CAMU CAMU.

En el siguiente cuadro se visualiza los resultados del análisis fisicoquímico de la bebida funcional obtenida con la proporción óptima de cáscara de camu camu.

Cuadro 24. Caracterización fisicoquímica de la bebida funcional de camu camu, en 100,00 g de muestra.

Componentes	Cantidad %
°Brix (g)	12,10
pH (g/mol/L)	3,20
Acidez (%)	4,10
Concentración de ácido ascórbico (mg/100g)	750,00
Actividad antioxidante IC ₅₀ (mg/mL)	13,95

En el cuadro 24 se observa la caracterización fisicoquímica de la bebida funcional obtenida con la proporción óptima de cáscara de camu camu, donde presenta 12.1 °Brix, 3,2 de pH, 4,1% de acidez, concentración de ácido ascórbico de 750 mg/100 g de muestra y una actividad antioxidante expresado como coeficiente de inhibición IC₅₀ de 13,95 mg/mL.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. ÍNDICE DE MADUREZ DEL FRUTO FRESCO DE CAMU CAMU

En el cuadro 17 se presentan los resultados del índice de madurez del fruto fresco de camu camu, donde se puede apreciar que contiene un valor de 3.67 de °Brix/acidez, característico de esta fruta cuando alcanza un estado de maduración al 100%. Se usó la fruta madura pues es en este estado que contiene mayor concentración de sus propiedades funcionales.

Tal como menciona Klimar *et al* (2009), que la fruta madura alcanza un porcentaje mayor de concentración de sus propiedades (2.86%) en comparación con la fruta inmadura (1.78%) o pintón (2.05%). Coincidiendo también con Guija (2002), quien dice que el fruto maduro al 100% tiene un índice de madurez de 3.70 y es en

este estado que alcanza la máxima concentración de ácido ascórbico que es uno de los componentes más importantes de esta fruta.

4.2.2. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA CÁSCARA FRESCA DE CAMU CAMU

En el cuadro 18 se presentan los análisis fisicoquímicos de la cáscara fresca de camu camu, puede apreciarse que contiene 0.23% de cenizas, 86.90% de humedad, 1.30 de pH, 1.70% de acidez, 5.00 °Brix, concentración de ácido ascórbico 1100 mg/100g de muestra y una actividad antioxidante expresado como el coeficiente de inhibición IC₅₀ de .35 mg/mL, necesarios para inhibir el 50% de los radicales libres.

Tal como lo menciona Vega (2000), en el estudio de la composición de la cáscara fresca de camu camu, reporta que contiene 0.2% de cenizas, 87,1% de humedad, 1142,9 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de muestra, entre otros componentes.

Mientras que Guija (2002) nos dice que el fruto de camu camu maduro al 100% contiene 1156 mg de ácido ascórbico por cada 100 mL de pulpa, 1.80% de acidez y 6.70 °Brix.

A su vez Ramos (2009), menciona que el camu camu tiene un pH de 2.35 – 2.55, °Brix de 6 – 6.5 y acidez titulable expresado en ácido cítrico de 2.50 – 4.3%.

Es de resaltar los resultados obtenidos por Sotero et al (2009), quien obtiene la mayor concentración de ácido ascórbico cuando el material se seca a 50°C, logrando valores superiores a lo reportado por otros autores para pulpa 14337.94±2506.1 mg/100 g; 5 veces superior en cáscara 10506.37 ± 5039.2 mg/100 g y 2 veces mayor en la semilla 87.08 ±20.5 mg/100 g.

García (2009), menciona que en pruebas realizadas con la cáscara, pulpa y semilla de camu camu obtuvo los mejores resultados en cuanto a la actividad antioxidante: la cáscara de camu camu secado a 50°C con IC₅₀ de 1,47 mg/mL, seguido de la pulpa fresca con 67,67 mg/mL y con menor actividad la semilla con 399,77 mg/mL.

Referente a lo mencionado en los párrafos anteriores, se puede decir que los resultados obtenidos en la presente investigación están cercanos al rango establecido por algunos autores y varían significativamente con otros, esta diferencia encontrada podría deberse entre otras causas, al estado de maduración en que fue cosechada la fruta, las condiciones de cosecha, traslado y almacenamiento, así como también al proceso de preparación de la muestra sin dejar de mencionar el método utilizado.

4.2.3. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA SECA DE CAMU CAMU

En los resultados del secado de la cáscara de camu camu a diferentes temperaturas mencionado en el cuadro 19, se observa que la temperatura más adecuada donde la cáscara conservó mejor la concentración del ácido ascórbico además de sus propiedades antioxidantes fue a 50°C, reportándose un coeficiente de inhibición IC₅₀ de 1.39 mg/mL, mayor que las obtenidas con las otras temperaturas. Dicho resultado está dentro del rango señalado por los autores en investigaciones anteriores.

García (2009), en su investigación para la evaluación de la capacidad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu, mediante el secuestro de radicales libres del DPPH, obtuvo que la cáscara de camu camu secado a 50°C obtuvo un

IC₅₀ de 1.47 mg/mL, seguido de la pulpa con 67.67 mg/mL y con menor actividad la semilla con 399.77 mg/mL.

Luego, según la prueba de promedios de Tukey al 5% de probabilidad se determinó que existían diferencias significativas para los tratamientos en estudio con respecto a la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu secado a diferentes temperaturas. Donde el tratamiento T₃ fue el que presentó mayor concentración de antioxidantes (1.39), seguido de los tratamientos T₂ (1.68), T₁ (1.73), T₄ (1.80) y T₅ (2.01).

Estos resultados demuestran que la variación en la temperatura de secado tiene mayor efecto para la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu.

Por lo que podemos decir, que la temperatura de secado de 50°C fue la más óptima, pues conservó mejor las propiedades funcionales de la cáscara de camu camu.

4.2.4. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA BEBIDA FUNCIONAL A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CAMU CAMU

En el cuadro 20 se observa los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman para el atributo sabor donde T₃ fue evaluado por los panelistas como el mejor tratamiento con un calificativo de 6.07 correspondiente a muy agradable siendo estadísticamente diferente a los tratamientos del grupo b: T₂, T₄, T₁, T₅, T₇ y T₆ quienes a su vez son diferentes estadísticamente a los tratamientos del grupo "c".

En el cuadro 21 según la comparación de los tratamientos por la prueba de Friedman, para el atributo aroma de la bebida funcional a base de cáscara de camu camu, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, por lo que para elegir al

mejor tratamiento predomina el resultado de aceptabilidad dado por los panelistas para el atributo sabor.

En cambio en el cuadro 22 se visualiza al tratamiento T₅ con un calificativo de 5.40 correspondiente a bueno con el promedio más alto para el atributo color, pero es estadísticamente igual a los tratamientos T₆, T₄, T₃ y T₇.

Según la Norma Técnica Colombiana (NTC: 3408, 1998), menciona que para infusión de plantas aromáticas se recomienda utilizar 2 g de infusión por cada 100 cm³ de agua, es decir 20 g por litro.

De lo mencionado, podemos decir que los panelistas durante la evaluación organoléptica determinaron que el tratamiento T₃ con 15 g de cascara de camu camu por litro de agua, tuvo la mejor aceptación, pues mostró las mejores características en cuanto a su sabor, aroma y color, variando un poco con lo que nos dice la norma.

4.2.5. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA BEBIDA FUNCIONAL OBTENIDA CON LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE CÁSCARA DE CAMU CAMU

En el cuadro 23 se aprecian los resultados del análisis fisicoquímico del mejor tratamiento según la evaluación organoléptica, para la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu. Cuyos valores obtenidos fueron: 12.1°Brix, 3.2 de pH, 4.1% de acidez, ácido ascórbico 750 mg/100 g, y una actividad antioxidante expresada como el coeficiente de inhibición IC₅₀ de 13.95 mg/mL.

Camacho (2002), nos dice que las bebidas a base de frutas deben ser libres de materia y sabores extraños, poseer color uniforme y

olor semejante al de la respectiva fruta, el contenido de azúcares debe variar entre 12 a 18 °Brix, de 3.5 - 4.5% de acidez y el pH debe estar en el rango de 3.0-3.5 para conservar mejor las propiedades del producto. Con esto, podemos decir que los resultados de la evaluación fisicoquímica de la bebida funcional a base de cáscara de camu camu del mejor tratamiento, guarda relación con los resultados del autor anteriormente mencionado, porque la bebida obtenida es libre de materias y sabores extraños, posee un color uniforme y olor semejante al de la fruta (camu camu).

4.3. PROCEDIMIENTOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS

Según Hernández *et al* (2001), validez y confiabilidad de instrumentos es el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir y la exactitud con que lo hace.

Para la presente investigación, se realizó la validez de contenido de las fichas de evaluación sensorial mediante el juicio de panelistas semi-entrenados y por el asesor.

Una vez obtenidos los datos, fueron ordenados y procesados por la computadora utilizando el software Micorsoft Office con sus hojas de texto Word y cálculos Excel para los análisis estadísticos respectivos, para su validez de constructo.

Los instrumentos y equipos utilizados para la recolección de información en laboratorio de los diferentes análisis fueron calibrados por una entidad de calibración reconocida ante INDECOPi a fin de reducir el margen de error. Asimismo, todos los análisis fisicoquímicos fueron realizados por laboratorios autorizados, como el Centro de Investigación para el Desarrollo

Biocnol3gico de la Amazonia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y el Laboratorio BIOVITAL ubicado en Huánuco, con lo cual se garantiza la confiabilidad de los resultados.

4.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA EL PROCEDIMIENTO DE LA INFORMACIÓN

a. Para determinar la temperatura de secado de la cáscara de camu camu.

En los tratamientos de estudio que se muestra en el cuadro 24, se evaluó la concentración de antioxidantes en la cáscara de camu camu sometido a diferentes temperaturas de secado (30, 40, 50, 60 y 70°C).

Cuadro 24. Tratamientos usados para determinar la temperatura óptima de secado de la cáscara de camu camu.

Tratamientos	Temperatura de secado
T ₁	30°C
T ₂	40°C
T ₃	50°C
T ₄	60°C
T ₅	70°C

b. Para determinar la cantidad óptima de cáscara de camu camu en la elaboración de la bebida funcional.

En los tratamientos de estudio que se muestra en el cuadro 25, se evaluó las características organolépticas de la bebida Funcional sometida a diferentes proporciones de cáscara de camu camu (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 g).

Cuadro 25. Tratamientos usados para determinar la proporción óptima de cáscara seca de camu camu en la elaboración de la bebida funcional.

Tratamientos	Proporción de cáscara/L de agua
T ₁	5,00 g
T ₂	10,00 g
T ₃	15,00 g
T ₄	20,00 g
T ₅	25,00 g
T ₆	30,00 g
T ₇	35,00 g
T ₈	40,00 g

4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

- a. Para determinar la temperatura óptima de secado de la cáscara de camu camu.

Hipótesis nula

H₀: La temperatura de secado no influye en la concentración de antioxidantes en la cáscara de camu camu.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$$

Hipótesis de investigación

H_i: La temperatura de secado influye en la concentración de antioxidantes en la cáscara de camu camu.

H_i: Al menos un $\tau_i \neq 0$

- b. Para determinar la proporción óptima de cáscara de camu camu en la elaboración de la bebida funcional.**

Hipótesis nula

H₀: Las diferentes proporciones de cáscara seca de camu camu otorgan las mismas características organolépticas en la bebida funcional.

$$\mathbf{H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8 = 0}$$

Hipótesis de investigación

H_i: Al menos una de las proporciones de cáscara de camu camu seca otorga diferentes características organolépticas en la bebida funcional.

H_i: Al menos un $\tau_i \neq 0$

CONCLUSIONES

Una vez realizado el proceso de elaboración de la bebida funcional a partir de la cáscara de camu camu utilizando los diferentes análisis estadísticos, organolépticos y fisicoquímicos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Mediante los análisis respectivos, se logró determinar las características fisicoquímicas de la cáscara de camu camu que se usó para la presente tesis, la cual contenía 0,23% de cenizas, 86.9% de humedad, 1,30 de pH, 1,70% de acidez, 5,00 °Brix, concentración de ácido ascórbico 1100,00 mg/100g de muestra y una actividad antioxidante expresado como el coeficiente de inhibición IC₅₀ de 4,35 mg/mL.
- De acuerdo a los resultados de las diferentes temperaturas de secado de la cáscara de camu camu, se concluye que a la temperatura de secado de 50°C, se obtuvo la mayor concentración de antioxidantes

reportándose un valor del IC₅₀ de 1.39 mg/mL, es decir que se necesita esta cantidad para inactivar o estabilizar el 50% de los radicales libres.

- La proporción óptima de cáscara seca de camu camu para elaborar la bebida fue de 15 g de cáscara por litro de agua hervida, el cual en la evaluación sensorial en los atributos sabor, aroma y color presentó mejores características organolépticas.
- El tratamiento T₃ (15 g de cáscara seca de camu camu por litro de agua hervida) reportó los siguientes resultados en la evaluación fisicoquímica: 12,10°Brix, 3,20 de pH, 4,10% de acidez, 750,00 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de muestra y una actividad antioxidante expresado como coeficiente de inhibición IC₅₀ de 13,95 mg/mL.

SUGERENCIAS

- Se recomienda elaborar la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu con 15 g de cáscara secado a 50°C por litro de agua, ya que esta proporción presentó las mejores características organolépticas para los atributos sabor, aroma y color.
- Realizar estudios sobre la vida útil de la bebida funcional a partir de la cáscara de camu camu utilizando conservantes químicos o métodos de conservación naturales.
- Realizar estudios de costo – beneficio en la elaboración de la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu para la instalación de una planta de producción en la zona, ya que se cuenta con suficiente cantidad de materia prima para industrializarlo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmad I. 2001. Some methodological problems in the determination of antioxidants activity using chromogen radicals: A practical case. Viewpoint. Food Science and Technology. New York, USA. Vol 11. Pg. 419 – 421.
2. Arrate L. 2007. Antioxidantes en alimentación: Diferentes formas de expresar su Actividad antioxidante. Tipos de unidades y métodos de Análisis, Barcelona. Pg. 419 – 421.
3. Allerslev, R. 2007. Phytochemical analysis of bioactive constituents from edible myrtaceae fruits. Disertación para optar el grado de Doctor en Filosofía. Facultad de Biología. New York, USA. Pg. 28 – 45.
4. AOAC. 1997. "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Edición 12^a.
5. Breene, J. 2000. Anthocyanin-based: A new source of antiradical activity for foodstuff. J. Agric. Food Chem. New York, USA. Pg. 588 - 591.
6. Calzada, B. 1990. Métodos estadísticos para la investigación. 3 Ed. Editora Jurídica Lima, Perú Pg. 203 – 238.
7. Castañeda C. B.; Ramos LL. E.; Ibáñez V. L. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. Revista Horizonte Médico. New York, USA. Pg. 56 - 72.
8. Condezo, L. 2002. Curso de Especialización. Facultad de Industrias Alimentarias CIPNA, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pg. 120 – 132.
9. Couturier, G. 1998. *Xylosandrus compactus* (Coleóptera Scolytidae Ipinae), nueva plaga del camu - camu (*Myrciaria dubia*) HB.K: Myrtaceac) en la región de Iquitos, Amazonía Peruana (en preparación). Pg. 85-92.
10. Chadwick, M.; Sanctis, R.; Dellis, M. 2003. Intracellular flavonoids as electron donors for extra cellular ferric cyanide reduction in human erythrocytes. J. Free Radical Biology & Medicin. Vol. 32. New York, USA. Pg. 64 – 72.
11. Crapiste J. 1991. Antioxidantes naturales, 1^a Ed., Editorial Nowtilus S.L., Madrid, España. Pg. 52 - 65.

12. Defilippi 2012. La cadena de valor del camu camu en la región Loreto, Perú. Pg. 85-112.
13. Estrella, S. 2002. Actividad Antioxidante del extracto acuoso de cedrón (*Aloysia triphylla*) en diferentes modelos in vitro, tesis. Facultad de Industrias Alimentarias UNAS - Tingo María. Perú. Pg. 45 – 68.
14. Ferreyra J. 1999. Determinación de la Capacidad Antioxidante de los Extractos Acuoso y Etanólicos del *Pseudoelephantopus spicatus*. Centro de Investigaciones de Productos Naturales de la Amazonia Peruana (CIPNA). Iquitos, Perú. Pg. 126-148.
15. Fernando (1996). Tecnología e secado para hierbas aromáticas. Segunda edición. Barcelona. Pg. 180 – 190.
16. Franco, M.R.B. and Shibamoto, T. 2000. Volatile Composition of Some Brazilian Fruits: Umbu-caja (*Spondias citherea*), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Arac, a-boi (*Eugenia stipitata*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. New York, USA. Pg. 1263-1265.
17. García, C.; Castro, D.; Chota, W.; Ruiz, A.; Sandoval, M. 2007. Estudio preliminar del contenido de ácido ascórbico y caracterización genética del camu camu. Memoria institucional–IIAP. Barcelona. Pg. 87 – 98.
18. García de Sotero. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.). Instituto Nacional de Innovación Agraria Iquitos.
19. González M. C.; Betancourt–rule, M. Y.; Ortíz R. 2000. Daño oxidativo y antioxidantes. Bioquímica. Colombia. Vol. 25 Pg. 1 – 98.
20. Guarner y Azpiroz (2005). Concentración de ácido ascórbico en frutos de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) provenientes de diferentes regiones de Sao Paulo. Universidade Estadual de Campinas–UNICAMP. Facultad de Ingeniería Química. Pg. 42 - 68.
21. Guijano y Pinol (2007). Propiedades prooxidantes del camu camu (*Myrciaria dubia*). Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Pg. 261 - 268.
22. Intermediate, W. 2001. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology. New York, USA. Pg. 25 -30.

23. Justi, K. 2000. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. New York, USA. Pg. 405 - 408.
24. Norma técnica Colombiana (NTC: 3506, 1998). Industria Agrícola del té.
25. Norma técnica Colombiana (NTC: 2698, 1998). Industria Agrícola. Plantas aromáticas en bolsas filtrantes.
26. Norma técnica Colombiana (NTC: 3408, 1998). Industria Agrícola. Plantas aromáticas. Preparación de la infusión para uso en análisis sensorial.
27. Mattivi Y. (2002). Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Select Herbs. Journal of Agricultural and Food Chemistry. New York, USA Pg. 165 - 170.
28. Martínez I., Periago M. J., Ros G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos en la dieta. Lima, Perú. Vol 50. Pg. 5 – 15.
29. MINAG. 2013. Futas de la Amazonia peruana.
30. Muñoz. 2007. “Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios”. Centro de Investigación en Bioquímica y Nutrición Tesis. USMP. Pg. 10 - 52
31. Lu, *et al.* 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. Food Chem. China. Pg. 81 - 85.
32. Pinedo J. 2005. El rol de los radicales libres y antioxidantes. V. 16. Lima, Perú. Pg. 21 – 23.
33. PROAMAZONIA. 2009. Evaluación económica de plantaciones de camu camu, Edit. Marco Antonio Bustamante Bejarano, Especialista en Comunicación y Gestión del Conocimiento IICA-Perú, Lima Perú.
34. Ramos E. 2009. “Evaluación de compuestos con actividad biológica en cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*), guinda (*Prunus serotina*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y carambola (*Averrhoa carambola*)”. Tesis. Universidad Nacional de San Martín de Porres. Pg. 60.120.
35. Steell y Torrie, (1996). Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. Journal of Cardiology. New York, USA. Pg. 127 - 132.

36. Sotero, K.; Visentainer, J.; Evelázio de Souza, N. 2009. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. New York, USA. Pg. 405 - 408.
37. Sandoval, M. (2002). Antioxidant Activity of the Cruciferous Vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry*. New York, USA. Pg. 207 – 213.
38. Vasconcellos, J. 2000. Alimentos Funcionales. Conceptos y beneficios para la salud. Institute Food Technology (IFT). California. U.S.A. Pg. 120-145.
39. Zanatta, A. I.; Kohkonen, M. P.; Vourela, M. 2005. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 47. New York, USA. Pg. 78 - 98.
40. Zapata, S y Dufour, J. 1993. Camu-Camu *Myrciaria dubia* (HBK). Lima, Perú. Pg. 45 - 50.
41. Zavaleta, J. 2008. Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. Centro de Investigación en Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina Humana, USMP. Pg. 125 – 139.
42. Zuleyka. 2002. "Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria Dubia* H.B.K. (camu-camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico)". Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos Perú.

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CORRELACIÓN

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE SECADO EN LA CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES Y LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS EN LA BEBIDA FUNCIONAL DE CÁSCARA DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia*).

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTE		NIVEL DE INVESTIGACIÓN
¿Cuál será influencia de diferentes temperaturas de secado de la cáscara de camu camu en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu (<i>Myrciaria dubia</i>)?	- Evaluar la influencia de diferentes temperaturas de secado de la cáscara de camu camu en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional a partir de cáscara de camu camu (<i>Myrciaria dubia</i>).	-Las diferentes temperaturas de secado influyen en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas en la bebida funcional elaborada a partir de la cáscara de camu camu.	<p>X_1 = Temperatura de secado de la cáscara de camu camu.</p> <p>X_2 = Cantidad de cáscara de camu camu por litro de agua para elaborar la bebida funcional.</p>	<p>X_{11}: 30°C X_{12}: 40°C X_{13}: 50°C X_{14}: 60°C X_{15}: 70°C</p> <p>X_{21}: 5 g X_{22}: 10 g X_{23}: 15 g X_{24}: 20 g X_{25}: 25 g X_{26}: 30 g X_{27}: 30 g X_{28}: 40 g</p>	Experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE		TIPO DE INVESTIGACIÓN
<p>-¿Cuál será la temperatura óptima de secado de la cáscara de camu camu para obtener mayor concentración de antioxidantes?</p> <p>-¿Cuál es la característica organoléptica de la bebida funcional elaborada a partir de la cáscara de camu camu?</p> <p>-¿Cuál es la característica fisicoquímica de la bebida funcional elaborada a partir de la proporción óptima de cáscara de camu camu?</p>	<p>- Determinar la temperatura óptima de secado de la cáscara de camu camu para para obtener mayor concentración de antioxidantes.</p> <p>-Evaluar la característica organoléptica de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de camu camu?</p> <p>-Determinar las características fisicoquímicas de la bebida funcional elaborada a partir de la proporción óptima de cáscara de camu camu.</p>	<p>-Si se determina la temperatura óptima de secado obtendremos mayor concentración de antioxidantes en la cáscara del camu camu.</p> <p>-Mediante la evaluación de las características organolépticas y del nivel de antioxidantes de la bebida, se determinará la proporción óptima de cáscara de camu camu para elaborar la bebida funcional a partir de este sub producto.</p> <p>-Las características fisicoquímicas de la bebida funcional elaborada a partir de la proporción óptima de cáscara de camu camu se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas internacionales de alimentos funcionales.</p>	<p>Y_1 = Capacidad antioxidante de la cáscara seca del camu camu.</p> <p>Y_3 = Características organolépticas de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de camu camu (sabor, color y aroma)</p>	<p>Nivel de antioxidante</p> <p>Sabor, aroma y color</p>	<p>Aplicada</p> <hr/> <p style="text-align: center;">DISEÑO</p> <hr/> <p style="text-align: center;">DCA Friedman</p>

ANEXO 02

INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN “CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL”

PRODUCTO : Bebida funcional de cáscara de camu camu

HORA :

FECHA :

LUGAR :

Por favor marque con el símbolo “X” el puntaje correspondiente a cada atributo, indicando de acuerdo a la escala que presentan las muestras. Recuerde limpiar su paladar entre cada muestra con un sorbo de agua.

Escala de calificación	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8	
	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma
Excelentemente agradable																
Muy agradable																
Agradable																
Indiferente																
Desagradable																
Muy desagradable																
Pésimamente desagradable																

COMENTARIO:

INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN “CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL”

PRODUCTO : Bebida funcional de cáscara de camu camu

HORA :

FECHA :

LUGAR :

Por favor marque con el símbolo “x” el puntaje correspondiente a cada atributo, indicando de acuerdo a la escala que presentan las muestras. Recuerde limpiar su paladar entre cada muestra con un sorbo de agua.

Escala de calificación	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	Color	Color	Color	Color	Color	Color	Color	Color
Excelente								
Muy bueno								
Bueno								
Regular								
Malo								
Muy malo								
Pésimo								

COMENTARIO:

ANEXO 03

PRUEBAS DE VALIDEZ DE INSTRUMENTOS

- 01) VALIDEZ DE CONTENIDO:** JUICIO DE EXPERTOS.
- 02) VALIDEZ DE CRITERIO:** CORRELACIÓN DEL RESULTADO DE LA MEDICIÓN CON EL CRITERIO Y LA LÓGICA.
- 03) PROCESAMIENTO ESTADISTICO:** SE APLICÓ EL MICROSOFT EXCEL Y EL SPSS 21 PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.

Análisis de varianza de la concentración de antioxidantes de la cáscara de camu camu sometido a diferentes temperaturas de secado.

FV	SC	GL	CM	FC	Sig.
FACTOR A	.608	4	.152	43036.981	**
Error	.000	10	.000		
Total	.608	14			

*** diferencia altamente significativa*

Resultados de la comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para la concentración de la capacidad antioxidante de la cáscara de camu camu.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA	PROMEDIO	Tukey $\alpha = 5\%$				
			1	2	3	4	5
T3	50°C	1.39	a				
T2	40°C	1.68		b			
T1	30°C	1.73			c		
T4	60°C	1.80				d	
T5	70°C	2.01					e

Comparación de los tratamientos sometidos a la prueba de Friedman

ATRIBUTO SABOR:

PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SUMA
1	3	4	7	4	3	5	3	3	32
2	5	6	4	3	3	2	5	1	29
3	4	5	6	6	6	6	5	5	43
4	4	5	5	5	6	6	5	5	41
5	4	4	6	7	6	4	3	2	36
6	6	6	5	5	3	1	1	2	29
7	5	5	7	6	5	3	7	6	44
8	5	6	6	5	5	7	6	6	46
9	7	5	7	5	5	4	4	3	40
10	3	4	5	5	6	7	5	4	39
11	7	6	7	4	2	2	3	3	34
12	5	5	7	4	5	4	6	6	42
13	3	5	6	5	3	2	4	2	30
14	4	4	7	4	5	5	5	4	38
15	5	6	6	3	4	3	4	3	34
SUMATORIA	70	76	91	71	67	61	66	55	557
PROMEDIO	4.67	5.07	6.07	4.73	4.47	4.07	4.40	3.67	37.1

PANELISTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SUMATORIA	PROMEDIO
T1	2.5	6.5	1	1	4	7.5	3	2	7.5	1	7.5	4	3.5	2.5	6	59.5	4.0
T2	5.5	8	3	4	4	7.5	3	5.5	5	2.5	6	4	6.5	2.5	7.5	74.5	5.0
T3	8	5	6.5	4	6.5	5.5	7.5	5.5	7.5	5	7.5	8	8	8	7.5	100	6.7
T4	5.5	3.5	6.5	4	8	5.5	5.5	2	5	5	5	1.5	6.5	2.5	2	68	4.5
T5	2.5	3.5	6.5	7.5	6.5	4	3	2	5	7	1.5	4	3.5	6	4.5	67	4.5
T6	7	2	6.5	7.5	4	1.5	1	8	2.5	8	1.5	1.5	1.5	6	2	60.5	4.0
T7	2.5	6.5	3	4	2	1.5	7.5	5.5	2.5	5	3.5	6.5	5	6	4.5	65.5	4.4
T8	2.5	1	3	4	1	3	5.5	5.5	1	2.5	3.5	6.5	1.5	2.5	2	45	3.0
SUMA	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	540	36.0

K 8 tratamientos
b 15 panelistas

$$A = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b [R(X_{ij})]^2 = 3030.75$$

$$B = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k R_i^2 = 2545.26667$$

El valor de la tabla Chi cuadrada con $\alpha = 0.05$ y $gl = 7$ es $X_{(0.05, 7)} = 14.07$. Como el estadístico de la prueba resulta mayor que el valor de tabla se rechaza la H_0 y se concluye que existe diferencias estadísticas entre tratamientos.

$$T = \frac{(k-1) \left[bB - \frac{b^2 k (k+1)^2}{4} \right]}{A - \frac{b k (k+1)^2}{4}} = 20.15$$

$$\sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}} \quad 12.19 \quad t_{\alpha/2, (b-1)(k-1)} = 1.98$$

$$|R_i - R_j| > t_{\alpha/2, (b-1)(k-1)} \sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}} \quad 24.19$$

Tratamientos Comparados	$ R_i - R_j $	Significancia
T1 Y T2	15	NS
T1 Y T3	40.5	*
T1 Y T4	8.5	NS
T1 Y T5	7.5	NS
T1 Y T6	1	NS
T1 Y T7	6	NS
T1 Y T8	14.5	NS
T2 Y T3	25.5	*
T2 Y T4	6.5	NS
T2 Y T5	7.5	NS
T2 Y T6	14	NS
T2 Y T7	9	NS
T2 Y T8	29.5	*
T3 Y T4	32	*
T3 Y T5	33	*
T3 Y T6	39.5	*
T3 Y T7	34.5	*
T3 Y T8	55	*
T4 Y T5	1	NS
T4 Y T6	7.5	NS
T4 Y T7	2.5	NS
T4 Y T8	23	NS
T5 Y T6	6.5	NS
T5 Y T7	1.5	NS
T5 Y T8	22	NS
T6 Y T7	5	NS
T6 Y T8	15.5	NS
T7 Y T8	20.5	NS

Tratamientos Comparados	Medias	Significancia
T3	6.07	a
T2	5.07	b
T4	4.73	b c
T1	4.67	b c
T5	4.47	b c
T7	4.40	b c
T6	4.07	b c
T8	3.67	c

ATRIBUTO AROMA:

PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SUMA
1	4	4	5	4	4	5	4	4	34
2	5	5	6	5	3	3	5	2	34
3	5	5	5	5	6	7	4	5	42
4	4	5	5	5	5	6	6	5	41
5	3	2	2	6	4	4	3	3	27
6	6	4	4	6	2	1	2	3	28
7	4	4	3	4	5	5	4	5	34
8	5	7	6	5	5	7	6	7	48
9	6	7	7	5	5	5	5	5	45
10	4	4	4	5	6	7	5	4	39
11	4	4	3	3	5	6	6	7	38
12	6	6	6	5	5	4	6	5	43
13	3	5	7	6	7	3	5	6	42
14	5	4	5	4	6	5	7	5	41
15	5	6	7	5	5	4	5	7	44
SUMATORIA	69	72	75	73	73	72	73	73	580
PROMEDIO	4.60	4.80	5.00	4.87	4.87	4.80	4.87	4.87	38.7

PANELISTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SUMATORIA	PROMEDIO
T1	3.5	5.5	4	1	4	7.5	3.5	2	6	2.5	3.5	6.5	1.5	4.5	3.5	59	3.9
T2	3.5	5.5	4	4	1.5	5.5	3.5	7	7.5	2.5	3.5	6.5	3.5	1.5	6	65.5	4.4
T3	7.5	8	4	4	1.5	5.5	1	4.5	7.5	2.5	1.5	6.5	7.5	4.5	7.5	73.5	4.9
T4	3.5	5.5	4	4	8	7.5	3.5	2	3	5.5	1.5	3	5.5	1.5	3.5	61.5	4.1
T5	3.5	2.5	7	4	6.5	2.5	7	2	3	7	5	3	7.5	7	3.5	71	4.7
T6	7.5	2.5	8	7.5	6.5	1	7	7	3	8	6.5	1	1.5	4.5	1	72.5	4.8
T7	3.5	5.5	1	7.5	4	2.5	3.5	4.5	3	5.5	6.5	6.5	3.5	8	3.5	68.5	4.6
T8	3.5	1	4	4	4	4	7	7	3	2.5	8	3	5.5	4.5	7.5	68.5	4.6
SUMA	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	540	36.0

k 8 tratamientos
b 15 panelistas

$$A = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b [R(X_{ij})]^2 = 2982.75$$

$$B = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k R_i^2 = 2442.5$$

$$T = \frac{(k-1) \left[bB - \frac{b^2 k (k+1)^2}{4} \right]}{A - \frac{b k (k+1)^2}{4}} = 2.37$$

El valor de la tabla Chi cuadrada con $\alpha=0.05$ y $gl=7$ es $X_{(0.05,7)} = 14.07$. Como el estadístico de la prueba resulta menor que el valor de tabla se acepta la H_0 y se concluye que no existe diferencias estadísticas entre tratamientos.

$$\sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}} = 12.86 \quad t_{\alpha/2, (b-1)(k-1)} = 1.98$$

$$|R_i - R_j| > t_{\alpha/2, (b-1)(k-1)} \sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}} = 25.52$$

Tratamientos Comparados	$ R_i - R_j $	Significancia
T1 Y T2	6.5	NS
T1 Y T3	14.5	NS
T1 Y T4	2.5	NS
T1 Y T5	12	NS
T1 Y T6	13.5	NS
T1 Y T7	9.5	NS
T1 Y T8	9.5	NS
T2 Y T3	8	NS
T2 Y T4	4	NS
T2 Y T5	5.5	NS
T2 Y T6	7	NS
T2 Y T7	3	NS
T2 Y T8	3	NS
T3 Y T4	12	NS
T3 Y T5	2.5	NS
T3 Y T6	1	NS
T3 Y T7	5	NS
T3 Y T8	5	NS
T4 Y T5	9.5	NS
T4 Y T6	11	NS
T4 Y T7	7	NS
T4 Y T8	7	NS
T5 Y T6	1.5	NS
T5 Y T7	2.5	NS
T5 Y T8	2.5	NS
T6 Y T7	4	NS
T6 Y T8	4	NS
T7 Y T8	0	NS

Tratamientos Comparados	Medias	Significancia
T3	5.00	a
T4	4.87	a
T5	4.87	a
T7	4.87	a
T8	4.87	a
T2	4.80	a
T6	4.80	a
T1	4.60	a

ATRIBUTO COLOR:

PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SUMA
1	3	4	4	4	5	5	4	3	32
2	3	4	5	5	4	4	3	1	29
3	4	5	5	6	6	7	5	5	43
4	5	6	7	7	7	5	6	6	49
5	1	1	4	6	7	5	5	3	32
6	5	7	4	5	3	2	6	4	36
7	1	1	3	3	7	6	5	5	31
8	5	5	6	6	6	7	6	4	45
9	5	5	6	6	6	6	6	3	43
10	2	3	3	4	5	7	6	6	36
11	1	2	4	4	5	7	6	4	33
12	4	4	5	6	5	4	6	5	39
13	1	3	7	7	6	7	5	4	40
14	2	4	6	5	4	3	3	2	29
15	4	2	7	4	5	4	3	5	34
SUMATORIA	46	56	76	78	81	79	75	60	551
PROMEDIO	3.07	3.73	5.07	5.20	5.40	5.27	5.00	4.00	36.7

PANELISTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SUMATORIA	PROMEDIO
T1	1.5	2.5	1	1.5	1.5	5.5	1.5	2.5	2.5	1	1	2	1	1.5	4	30.5	2.0
T2	4.5	5	3.5	4	1.5	8	1.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2	5.5	1	48	3.2
T3	4.5	7.5	3.5	7	4	3.5	3.5	5.5	6	2.5	4	5	7	8	8	79.5	5.3
T4	4.5	7.5	6.5	7	7	5.5	3.5	5.5	6	4	4	7.5	7	7	4	86.5	5.8
T5	7.5	5	6.5	7	8	2	8	5.5	6	5	6	5	5	5.5	6.5	88.5	5.9
T6	7.5	5	8	1.5	5.5	1	7	8	6	8	8	2	7	3.5	4	82	5.5
T7	4.5	2.5	3.5	4	5.5	7	5.5	5.5	6	6.5	7	7.5	4	3.5	2	74.5	5.0
T8	1.5	1	3.5	4	3	3.5	5.5	1	1	6.5	4	5	3	1.5	6.5	50.5	3.4
SUMA	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	540	36.0

K 8 tratamientos
b 15 panelistas

$$A = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b [R(X_{ij})]^2 = 3038.25$$

$$B = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k R_i^2 = 2646.23333$$

$$T = \frac{(k-1) \left[bB - \frac{b^2 k (k+1)^2}{4} \right]}{A - \frac{b k (k+1)^2}{4}} = 37.33$$

El valor de la tabla Chi cuadrada con $\alpha = 0.05$ y $gl = 7$ es $X_{(0.05, 7)} = 14.07$. Como el estadístico de la prueba resulta mayor que el valor de tabla se rechaza la H_0 y se concluye que existe diferencias estadísticas entre tratamientos

$$\sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}} = 10.95 \quad t_{\alpha/2, (b-1)(k-1)} = 1.98$$

$$|R_i - R_j| > t_{\alpha/2, (b-1)(k-1)} \sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}} = 21.74$$

Tratamientos Comparados	$ R_i - R_j $	Significancia
T1 Y T2	17.5	NS
T1 Y T3	49	*
T1 Y T4	56	*
T1 Y T5	58	*
T1 Y T6	51.5	*
T1 Y T7	44	*
T1 Y T8	20	NS
T2 Y T3	31.5	*
T2 Y T4	38.5	*
T2 Y T5	40.5	*
T2 Y T6	34	*
T2 Y T7	26.5	*
T2 Y T8	2.5	NS
T3 Y T4	7	NS
T3 Y T5	9	NS
T3 Y T6	2.5	NS
T3 Y T7	5	NS
T3 Y T8	29	*
T4 Y T5	2	NS
T4 Y T6	4.5	NS
T4 Y T7	12	NS
T4 Y T8	36	*
T5 Y T6	6.5	NS
T5 Y T7	14	NS
T5 Y T8	38	*
T6 Y T7	7.5	NS
T6 Y T8	31.5	*
T7 Y T8	24	*

Tratamientos Comparados	Medias	Significancia
T5	5.40	a
T6	5.27	a
T4	5.20	a
T3	5.07	a
T7	5.00	a
T8	4.00	b
T2	3.73	b
T1	3.07	b

ANEXO 04

CONSTANCIAS

- 1). VISTAS FOTOGRÁFICAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

SEPARACIÓN DE LA CÁSCARA



LAVADO



PESADO



SECADO



PREPARACIÓN DE LA BEBIDA FUNCIONAL




EVALUACIÓN ORGANOLEPTICA





2) CERTIFICACIONES DE LOS LABORATORIOS EN DONDE SE REALIZARÁN LOS ANÁLISIS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

CONSTANCIA DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CASCARA FRESCA, SECA Y BEBIDA

	UNAS <i>Universidad Nacional Agraria de la Selva</i>	CIDBAM <i>Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía</i>
---	--	--

Av. Universitaria Km. 1,5 – Tingo María. Telf. (062)562342 – Fax. (062)561156

Resultados de Análisis

Análisis : Evaluación actividad antioxidante por DPPH
Producto : Cascara de Camu Camu (bebida, cáscara seca y fresca)
Investigación : "Evaluación de diferentes temperaturas de secado en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de Camu Camu (Myrciaria dubia)".
Ejecutores : Elías Villafuerte Paredes
Nelhson Garay Vega
Nº Muestras : 3
Extracto : Hidroalcoholico (50:50) por 24 horas
Método : Descrito por Brand Williams, 1995 (25 uL de muestra reaccionaron con 975 uL de DPPH 100 uM por 5 minutos)
Muestreado por : El cliente
Fecha de análisis : 07/03/15

Cáscara Camu Camu	IC ₅₀ (mg/mL)				
	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio	D.S
Bebida	13,60	14,35	13,91	13,95	0,38
Seca	1,40	1,41	1,36	1,39	0,03
Fresca	43,47	48,82	46,75	46,35	2,70

R1, R2 y R3 son repeticiones, D.S. es la desviación estándar



Ing. Darlym Reátegui Díaz
Resp. Área Antioxidantes

CONSTANCIA DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA FRUTA, CÁSCARA Y BEBIDA FILTRANTE DE CAMU CAMU.



SECCIÓN DE ANÁLISIS
DE AGUAS Y ALIMENTOS

INFORME DE ENSAYO CERTIFICADO DE ANÁLISIS No 15.03.15

I. SOLICITANTE:

RAZÓN SOCIAL	Tesista: NELHSON GARAY VEGA
RESPONSABLE	Tesista: ELÍAS VILLAFUERTE PAREDES
DIRECCIÓN	Los Solicitantes
TELÉFONO	999664727

II. INFORMACION DE SERVICIO:

MUESTRA	FRUTO DE CAMU CAMU ⁽¹⁾ <i>Myrciaria dubia</i> CÁSCARA SECA DE CAMU CAMU ⁽²⁾ <i>Myrciaria dubia</i> BEBIDA DE CAMU CAMU ⁽³⁾ <i>Myrciaria dubia</i>
PROCEDENCIA DE MUESTRA	NO REGISTRA
PROYECTO DE TESIS	"Evaluación de diferentes temperaturas de secado en la concentración de antioxidantes y las características organolépticas de la bebida funcional elaborado a partir de la cáscara de camu camu".
FECHA DE PRODUCCIÓN	2015-02-15
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Carlos Gayoso A. Blgo. Ricardo Ayala P.
FECHA DE INGRESO	2015-02-15
ANÁLISIS SOLICITADOS	FÍSICOQUÍMICO -
FECHA INICIO DE ENSAYO	2015-02-15
FECHA TÉRMINO DE ENSAYO	2015-03-02
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	2015-03-02

III. DOCUMENTO NORMATIVO DE REFERENCIA:

BASE TÉCNICA	AOAC – <i>Standard Methods 21th Edition</i> <i>COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE PEARSON</i> 2da Edición 2011
NIVEL DE MUESTREO	Muestra prototipo
TIPO DE MUESTREO	Ensayo directo

*BAJO RESPONSABILIDAD DEL SOLICITANTE



1 de 2

IV. RESULTADOS DE ANALISIS:

**RESULTADOS
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE FRUTO DE CAMU CAMU⁽¹⁾**

INDICE DE MADUREZ: ° brix 6,6 / 1,8 = 3,66

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE CASCARA DE CAMU CAMU⁽¹⁾

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS	%	Direct Method	0,23
HUMEDAD	%	Air Oven	86,9
pH	--	Potenciometrico	1,3
ACIDEZ	%	Titrimetrico	1,7
SOLIDOS SOLUBLES (° BRIX)	° brix	Refractometro	5,0
CONCENTRACION DE ACIDO ASCORBICO	mg/100g	Espectrofotometrico	1 100

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON EN BASE A 100 mL DE MUESTRA.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE BEBIDA DE CAMU CAMU⁽¹⁾

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
SOLIDOS SOLUBLES (° BRIX)	° brix	Refractometro	12,1
pH	--	Potenciometrico	3,2
ACIDEZ	%	Titrimetrico	4,1
CONCENTRACION DE ACIDO ASCORBICO	mg/100g	Espectrofotometrico	750,0



HUÁNUCO 02 DE MARZO DE 2015



Carlos E. Gayoso Aguirre
LOGO MICROBIÓLOGO
CIP 7191

2 de 2

3) PRESENTACIÓN DE LA BEBIDA FUNCIONAL COMO PRODUCTO FINAL DE LA INVESTIGACIÓN.



ANEXO 05

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente:		
X ₁ = temperatura de secado de la cáscara de camu camu.	Temperatura de secado.	X ₁₁ : 30°C X ₁₂ : 40°C X ₁₃ : 50°C X ₁₄ : 60°C X ₁₅ : 70°C
X ₂ = Cantidad de cáscara de camu camu en la bebida funcional	Temperatura de infusión.	X ₂₁ : 5 g X ₂₂ : 10 g X ₂₃ : 15 g X ₂₄ : 20 g X ₂₅ : 25 g X ₂₆ : 30 g X ₂₇ : 35 g X ₂₈ : 40 g
Dependiente:		
Y ₁ = Capacidad antioxidante de la cáscara de camu camu seca.	Capacidad antioxidante de la cáscara de camu camu seca.	Nivel de antioxidante
Y ₂ = Características organolépticas de la bebida funcional.	Características organolépticas.	Sabor, aroma y color