

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**Efecto del tiempo de exposición con ultrasonido en el
contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y
recuento de mesófilos en la pulpa de Camu camu
(*Myrciaria dubia*)**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Br. SASHA ELIZABETH PONCE DE LEÓN GONZÁLEZ

Trujillo – Perú

2019

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:



Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos
PRESIDENTE



Ing. Ms. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui
SECRETARIO



Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez
VOCAL



Dr. Freddy Romel Pérez Azahuanche
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A esa persona especial e importante en mi vida mi Abuelita, que siempre estuvo lista y dispuesta para brindarme todo su apoyo y por enseñarme que el camino del éxito está en la perseverancia y esfuerzo.

A mi hermana por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo a lo largo de mi camino.

A mis familiares y amigos, por su ánimo, apoyo y compañía en las diferentes etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Percy, gracias por motivarme y darme la mano a lo largo del camino, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento, ahora me toca regresar un poquito de todo lo que me has otorgado.

A mis abuelos, gracias a su sabiduría influyeron en mí la madurez para lograr todos los objetivos en la vida.

A mis familiares y amistades y profesores que ayudaron en la ejecución de diferentes pruebas en el transcurso de la investigación, especialmente a Liliana Ponce de León, Daniela Gamboa y Elio Ávila.

A mi asesor de Tesis el Dr. Freddy Pérez Azahuanche, que gracias a su paciencia, consejos y correcciones hoy puedo culminar mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE BIBLIOGRAFÍA	3
2.1. Ultrasonido.....	3
2.1.1. Generalidades	3
2.1.2. Aplicación de ultrasonido en la industria alimentaria	4
2.2. Camu camu.....	5
2.2.1. Composición química y valor nutricional del Camu camu	7
2.3. Efecto microbiológico del ultrasonido.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Lugar de ejecución.....	10
3.2. Materiales, equipos e instrumentos.....	10
3.2.1. Materiales	10
3.2.2. Equipos e Instrumentos	11
3.2.3. Reactivos	11
3.3. Metodología experimental	12
3.3.1. Esquema experimental	12
3.3.2. Diagrama de flujo del proceso de ultrasonido.....	13
3.4. Métodos de análisis	15

3.4.1. Recuento de mesófilo aerobios viables	16
3.5. Métodos estadísticos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. Efecto del ultrasonido sobre el contenido de vitamina C en pulpa de Camu camu	18
4.2. Efecto del ultrasonido sobre la acidez (%) en pulpa de Camu camu	22
4.3. Efecto del ultrasonido sobre los sólidos solubles en pulpa de Camu camu.....	24
4.4. Efecto del ultrasonido sobre el recuento de mesófilos en pulpa de Camu camu.....	27
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. RECOMENDACIONES	31
VII. BIBLIOGRAFÍA	32
VIII. ANEXOS	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100 g) en pulpa de algunas frutas tropicales maduras.....	7
Cuadro 2. Valor nutricional de 100 g de pulpa de camu camu	8
Cuadro 3. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de vitamina C en pulpa de camu camu.	19
Cuadro 4. Análisis de varianzas para los valores de contenido de vitamina C.....	19
Cuadro 5. Prueba de Duncan para los valores de contenido de vitamina C.....	20
Cuadro 6. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de acidez (%) en pulpa de camu camu.	23
Cuadro 7. Análisis de varianzas para los valores de contenido de acidez (%) en pulpa de camu camu.....	23
Cuadro 8. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu....	25
Cuadro 9. Análisis de varianzas para los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu	25
Cuadro 10. Prueba de Duncan para los valores de contenido de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu.....	26
Cuadro 11. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de recuento de mesófilos en pulpa de camu camu.....	28
Cuadro 12. Análisis de varianzas para los valores de contenido de recuento de mesófilos en pulpa de camu camu	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema del desarrollo experimental para evaluar el efecto del tiempo de exposición con ultrasonido en el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de camu camu (<i>Myrciaria dubia</i>).	12
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de Camu camu y ultrasonido.....	13
Figura 3. Variaciones del contenido de Vitamina C en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.....	18
Figura 4. Contenido de acidez (%) en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.	22
Figura 5. Contenido de sólidos solubles en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.	24
Figura 6. Recuento de mesófilos en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.	27

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Contenido de vitamina C en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido	40
Anexo 2. Acidez (%) en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido ..	41
Anexo 3. Contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido	42
Anexo 4. Recuento de mesófilos en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido	43

RESUMEN

Se estudió el efecto del tiempo de exposición de las ondas de ultrasonido sobre sólidos solubles, porcentaje de acidez, contenido de vitamina C y mesófilos aerobios de la pulpa de Camu camu (*Myrciaria dubia*).

Diferentes muestras de pulpa fresca fueron caracterizadas y sometidas a ondas de ultrasonido de manera independiente, utilizando un diseño unifactorial de 1 x 4 con 4 repeticiones por tratamiento. El factor utilizado tiempo (0(control), 15, 30, 45 y 60min). Los resultados obtenidos, mostraron que el tiempo de exposición al tratamiento con ondas de ultrasonido, tienen un efecto significativo ($\alpha=0.05$) sobre las propiedades estudiadas. Los efectos más significativos se evidenciaron al aplicar un tiempo de exposición de 30min; tales como la conservación de la vitamina C, el % acidez, sólidos solubles y el recuento de mesófilos; sin embargo a 45 y 60min se pudo notar un descenso de vitamina C (50%), incremento en el contenido de sólidos solubles (57%), con lo que respecta a mesófilos aerobios no se encontraron diferencias significativas. Los valores se mantuvieron conforme a la muestra control.

Este estudio ofrece avances en la aplicación de tecnologías no emergentes en la conservación de los alimentos.

ABSTRACT

It was studied the effect time of ultrasound waves on the soluble solids, percentage of acidity, vitamin C and aerobic plate counts of common camu camu pulp (*Myrciaria dubia*)

Different samples of fresh pulp were characterized and subjected to ultrasound waves independently, using a 1 x 4 factorial design with 4 replications and one factor used time (0 (control), 15, 30,45, and 60min).

The results obtained showed that the time of exposure to treatment with ultrasound waves have a significant effect ($\alpha=0.05$) on the properties studied. The most significant effects are demonstrated by applying an exposure time of 30min; such as maintenance of vitamin C, the% acidity, soluble solids, and mesophile counts; however 60min at 45 and it was noted a decrease in vitamin C (50%), increased soluble solids content (57%), no significant difference with respect to aerobic plate count . Values were maintained according to the control sample.

This study provides advances in the application of non emerging technologies in food preservation.

I. INTRODUCCIÓN

El ultrasonido es una tecnología emergente en la ciencia y tecnología de los alimentos, se aplica en las áreas de análisis de alimentos, procesamiento y control de calidad. El ultrasonido de baja potencia (alta frecuencia) es una de las técnicas no invasivas, baratas y sencillas que pueden ser utilizados para la estimación de la composición de los alimentos (pescado, huevos, lácteos, etc.), control de propiedades físico-químicas y estructurales (emulsiones, productos lácteos y jugos), detección de contaminantes metálicos (alimentos enlatados, productos lácteos, etc.). El control de la composición y las propiedades físico-químicas de los alimentos durante el procesamiento y el almacenamiento es importante para la producción de productos alimenticios con alto rendimiento, calidad y estabilidad (Awad y otros, 2012).

El ultrasonido ha atraído un interés considerable en ciencia y la tecnología de los alimentos, dado que este provee efectos en la preservación y en los procesos industriales. Puede ser aplicado como una de las tecnologías avanzadas para desarrollar procesos pausados pero definidos que involucran la calidad y seguridad de alimentos transformados y ofrece el potencial para mejorar los procesos existentes así como para el desarrollo de opciones en el campo de la tecnología alimentaria (Earle, 1997).

El ultrasonido ofrece ventajas en términos de productividad, rendimiento y selectividad, ya que se obtienen mejores tiempos de proceso, mejora de calidad, reduce riesgos químicos y físicos. Se considera una técnica de procesamiento sustentable, porque típicamente emplea menos tiempo, agua y energía (Chemat y otros, 2011).

Existen pocos trabajos relacionados a la conservación de frutas con ultrasonido en nuestro país, por ello es importante iniciar el desarrollo de esta línea de investigación en la UPAO.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de cuatro tiempos (15, 30, 45 y 60 min) de exposición al ultrasonido con una frecuencia de 40 kHz en el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de camu camu?

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del tiempo de exposición con ultrasonido (15, 30, 45 y 60 min) en el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*), a la frecuencia de 40 kHz; 100% de potencia transmitida al medio; y determinar el tiempo de exposición con ultrasonido que permita mantener el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*).

II. REVISION DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Ultrasonido

2.1.1. Generalidades

El ultrasonido se define como ondas acústicas inaudibles de una frecuencia superior a 20 kHz. Para la conservación de los alimentos, son más eficaces las ondas ultrasónicas de baja frecuencia (18-100 kHz; $\lambda=145\text{mm}$) y alta intensidad (10-1000 W/cm) (Herrero y Romero, 2006).

El efecto conservador de los ultrasonidos está asociado a los fenómenos complejos de cavitación gaseosa, que explican la generación y evolución de microburbujas en un medio líquido. La cavitación se produce en aquellas regiones de un líquido que se encuentran sometidas a presiones de alta amplitud que alternan rápidamente. Durante la mitad negativa del ciclo de presión, el líquido se encuentra sometido a un esfuerzo tensional y durante la mitad positiva del ciclo experimenta una compresión. El resultado es la formación ininterrumpida de microburbujas cuyo tamaño aumenta miles de veces (se expanden) en la alternancia de los ciclos de presión. Las microburbujas que alcanzan un tamaño crítico implosionan o colapsan violentamente para volver al tamaño original. La implosión supone la liberación de toda la energía acumulada, ocasionando incrementos de temperatura instantáneos y focales, que se disipan sin que supongan una elevación sustancial de la temperatura del líquido tratado. Sin embargo, la energía liberada, así como el choque mecánico asociadas al fenómeno de implosión, afectan la estructura de las células situadas en el microentorno. (Herrero y Romero, 2006).

No obstante, el efecto de los ultrasonidos sobre los agentes alterantes de los alimentos es limitado y dependiente de múltiples factores por ello, su aplicación se ha encaminado hacia la combinación,

simultánea o alterna, con otras técnicas de conservación. La aplicación de ultrasonidos y tratamientos térmicos suaves (<100 °C, habitualmente entre 50 -60 °C) ha dado lugar al procedimiento denominado termoultrasonificación. La combinación con incrementos de presión (< 600 MPa) se denomina manosonicación, mientras que las tres estrategias de forma conjunta se conocen como manotermosonicación (McClements, 1995; Knorr y otros, 2004).

Los equipos de ultrasonidos utilizados, de funcionamiento discontinuo (los más habituales) o continuo, presentan una cámara de tratamiento donde se sitúa la fuente de ultrasonidos (generalmente una sonda de sonicación). Toda la tecnología actual ultrasónica proviene del aprovechamiento de dos propiedades que poseen ciertos materiales: la piezoelectricidad y la magnetoestricción. Un generador de ultrasonidos piezoeléctrico se basa en la generación de oscilaciones eléctricas, de una frecuencia determinada, que un material con propiedades piezoeléctricas transforma en oscilaciones mecánicas (transductor). Otro método para producir vibraciones ultrasónicas es mediante el uso de transductores magnetoestrictivos. El funcionamiento de estos dispositivos se basa en las deformaciones mecánicas que experimentan ciertos materiales al someterlos a un intenso campo magnético. (Porras y otros, 2011)

2.1.2. Aplicación de ultrasonido en la industria alimentaria

Respecto a su empleo en la Industria Alimentaria, la manosonicación y la manotermosonicación son particularmente eficaces en la esterilización de mermeladas, huevo líquido, y en general, para prolongar la vida útil de alimentos líquidos. La ultrasonificación de forma aislada es eficaz en la descontaminación de vegetales crudos y de huevos enteros sumergidos en medios líquidos. Con fines distintos a la conservación, se ha utilizado con éxito en el ablandamiento de las carnes; más conocido y extendido es la utilización de ultrasonidos en sistemas de

emulsificación y homogenización así como en la limpieza de distintos equipos (McClements, 1995; Knorr y otros, 2004).

Ondas ultrasónicas de baja energía (100 kHz – 1 MHz) se utilizan para evaluar las características y la calidad de diversos productos. En este campo se encuentra el diseño de distintos equipos para determinar el tiempo óptimo de curado de quesos y estandarizar las características del producto comercializado, así como sistemas para evaluar el contenido graso, in vivo o post-mortem, de estructuras musculares y la composición y textura de productos concretos (Llull y otros, 2000; Mulet y otros, 2003).

2.2. Camu camu

El camu camu es un frutal originario de la Amazonía peruana, pertenece a la familia myrtaceae y se caracteriza por su alto contenido de ácido ascórbico. Según los análisis bromatológicos realizados por Zapata y Dufour (1993), muestran altas cantidades de ácido ascórbico (2780mg/100g de pulpa) estos valores estimados son 32 veces más grandes que los encontrados en el jugo de limón y 2,1 veces más grandes que su más cercano competidor, la acerola o cereza de las antillas. También, estos autores mencionan que el fruto es importante por su contenido de aminoácidos esenciales como valina, leucina y otros (Villachica, 1996), así mismo se constituye en materia prima para la industria farmacéutica, cosmetológica y la elaboración de bebidas gaseosas (Imán y Melchor, 2001). El habitat natural del camu camu es el bosque aluvial inundable, siendo ribereña es tolerante a la inundación y puede quedar totalmente sumergido en el agua cuatro a cinco meses. Sin embargo, se adapta a suelos con buen drenaje, tolera los suelos ácidos de baja fertilidad y regímenes hídricos con sequías de hasta dos meses (Villachica, 1996).

En la Región Ucayali existen 1112.27 Ha de camu camu, distribuidas entre las Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, de las cuales el 49% están mantenidas; 9,71% por recuperar y el 41,33% no recuperables (Riva, 2001).

El camu camu en condiciones de altura tiende a tener dos cosechas al año. La principal se da en el mismo momento que en la restinga y una secundaria, pequeña, que se presenta entre los meses de mayo a julio, aunque aplicando riego podría cosecharse todo el año (Picon y Acosta, 2000). El estado de madurez de la cosecha tiene relación directa con el contenido de vitamina C y otros factores nutritivos tales como los aminoácidos. El autor caracteriza objetivamente los grados de maduración y propone cuatro niveles: estado 5: verde (V); estado 6: verde pintón (VP); estado 7: pintón maduro (PM); estado 8: maduro (M), el estado 7 es recomendable para grandes volúmenes de cosecha (Vega, 2002).

El rendimiento de la pulpa, factor extremadamente importante para la rentabilidad, bordea el 50% con relación al peso fresco de la fruta (Pinedo, 2001). La pulpa refinada representa entre el 50 y 55% del peso de la fruta, evidentemente cuanto mayor sea el porcentaje de pulpa refinada mayor será el rendimiento con la industrialización, el autor también menciona que la fruta de camu camu puede ser empleada para la obtención de ácido ascórbico natural (Villachica, 1996).

El ácido ascórbico (AA) es muy sensible a la oxidación, especialmente cuando la reacción está catalizada por iones metálicos como cobre (Cu^{2+}) y fierro (Fe^{3+}), asimismo, el calor y la luz aceleran el proceso. En tanto que factores como el pH, la concentración de oxígeno y la actividad del agua, influyen poderosamente en la actividad de la reacción, en una tabla sobre la estabilidad de las vitaminas y refiriéndose al ácido ascórbico dice que a un pH ácido es estable, mientras que a pH

neutro, pH alcalino, oxígeno o aire, luz, calor, es inestable, además menciona que la pérdida máxima por cocción es 100% (Fennema, 2000).

2.2.1. Composición química y valor nutricional del camu camu

El contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos del camu camu en comparación a otros frutales tropicales se presenta en el Cuadro 1. En este cuadro se observa que el camu camu sobrepasa largamente en contenido de ácido ascórbico a las otras frutas tropicales conocidas por su alta concentración de este nutriente. El contenido de ácido ascórbico en la pulpa de camu camu es más del doble que el de la acerola y llega a ser hasta 60 veces superior al del jugo de limón. En cambio, el contenido de proteínas es similar mientras que el de carbohidratos es parecido o menor que el de las otras frutas con las cuales se compara en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100 g) en pulpa de algunas frutas tropicales maduras

Fruta	Ácido ascórbico	Proteína	Carbohidratos
Piña	20	0.4	9.8
Maracuya (jugo)	22	0.9	15.9
Fresa	42	0.7	8.9
Limón (jugo)	44	0.5	9.7
Guayaba	60	0.5	14.9
Naranja	9.3	0.6	10,1
Acerola (total)	1.3	0.7	6.9
Camu camu	2.78	0.5	5.9

Fuente: Imán y Melchor (2001)

Cuadro 2. Valor nutricional de 100 g de pulpa de camu camu

Componentes	Unidad	Valor
Agua	g	94.4
Valor energético	cal	17
Proteínas	g	0.5
Carbohidratos	g	4.7
Fibra	g	0.6
Ceniza	g	0.2
Calcio	mg	27
Fósforo	mg	17
Calcio	mg	27
Hierro	mg	0.5
Tiamina	mg	0.01
Rivoflavina	mg	0.04
Niacina	mg	0.062
Ácido ascórbico	mg	2.780.0
Ácido ascórbico total	mg	2.994.0

Fuente: Roca (1995)

2.3. Efecto microbiológico del ultrasonido

El efecto bactericida del ultrasonido es generalmente atribuido por la cavitación intracelular generada, los choques micro mecánicos son creados por la continua formación y ruptura de burbujas microscópicas inducidas por presiones que fluctúan bajo el proceso de ultrasonicación. Estos choques interrumpen componentes estructurales y funcionales celulares hasta el punto de lisis (muerte) de la célula (Gómez y López, 2009).

Diferentes tipos de microorganismos pueden ser más susceptibles al tratamiento con ultrasonido que otros. En general se ha visto que las células largas o más grandes son más sensibles al ultrasonido. Con el

incremento en el área de superficie, las células de mayor tamaño son más bombardeadas por la presión producida por la cavitación, haciéndolas más vulnerables al tratamiento (Gómez y López, 2009).

Las células gram-positivas son más resistentes al ultrasonido que las gram-negativas, porque la pared celular de las gram-positivas es más gruesa y contiene una capa adherente cercana de peptidoglicanos (Ulloa y otros, 2013).

Porras y otros (2011) mencionan que el ultrasonido ataca a los microorganismos afectando a la membrana citoplasmática, donde las células con forma de cocos son más resistentes que las de forma de bacilos. En general, los microorganismos esporuladores presentan mayor resistencia que los vegetativos.

Las especies de microorganismos que producen esporas los hace más resistentes a tratamientos con calor y el mismo efecto se observa con el ultrasonido. El daño microbiológico al aplicar diferentes amplitudes de onda de ultrasonido va a depender de factores críticos como el tiempo de contacto con el microorganismo, el tipo de microorganismo, la cantidad y composición de alimento, y la temperatura durante el tratamiento (Ulloa y otros, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y análisis fueron realizadas en el Laboratorio de investigación Multidisciplinaria y Laboratorio de Investigación de Microbiología Molecular y Biotecnología de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales, equipos e instrumentos

3.2.1. Materiales

- Frutos de camu camu fresco, en estado de madurez fisiológica pintón de la empresa acopiadora Plaza Vea de la ciudad de Lima.
- Buretas
- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Soporte universal
- Triangulo de cristal
- Vasos de Precipitación
- Pipetas
- Micro pipetas tomos pipeta graduable 20-200 micro litros
- Mechero de bunsen
- Envases de vidrio con tapa hojalata contenido 4oz
- Cuchillos
- Ollas
- Coladores
- Jarras
- Tela tocuyo

3.2.2. Equipos e Instrumentos

- Termómetro digital. Marca Multidigital, rango de 50 a 200°C, precisión + 0.01 °C.
- pH-metro Rango 0 – 14.
- Refractómetro. Marca THOMAS SCIENTIFIC, rango: 0 – 32 °Brix, ± 0.2%, calibrado 20°C.
- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Modelo AB204. Capacidad 210 g, aprox. 0.0001 g.
- Licuadora industrial marca Metal Mecánica Agroindustria velocidad 500 rpm.
- Ultrasonido multifrecuencia marca BRANSON, M/MH con capacidad para 25 litros.
- Cabina de seguridad biológica marca LABCONCO modelo logic + tipo A2.
- Estufa marca Memmert. Rango 30 – 200 °C.

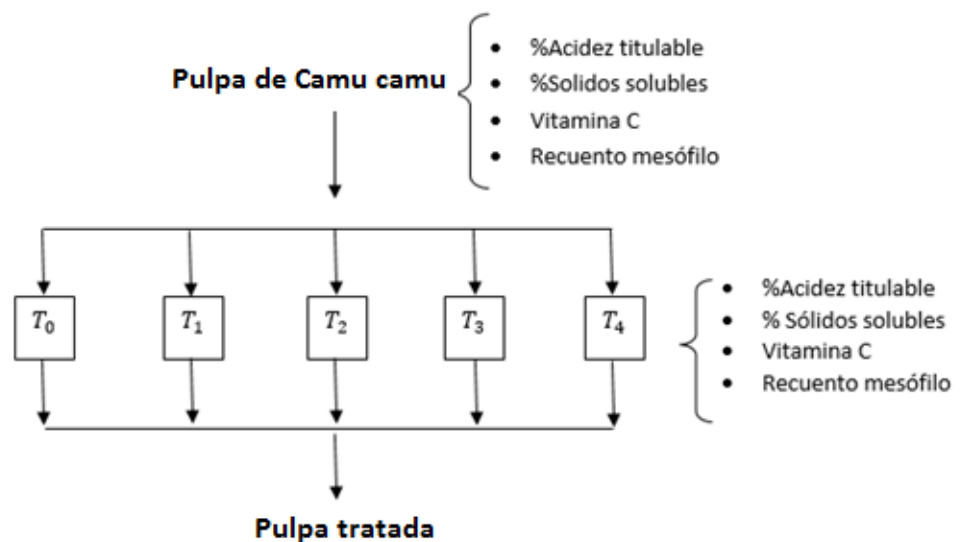
3.2.3. Reactivos

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio 0.1005 N.
- Solución de yodo 0.091N
- Solución de almidón TS.
- Fenolftaleína solución alcohólica 1%.
- Agar (PCA)

3.3. Metodología experimental

3.3.1. Esquema experimental

La pulpa de camu camu se expuso a tratamiento con ultrasonido a 40kh con 4 tiempos de 15min, 30 min, 45min y 60min. Se evaluó el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos, como se muestra en la figura 1.



Leyenda:
 F_1 : frecuencia 40 kHz
 t_0 : Control
 t_1 : 15 min.
 t_2 : 30 min
 t_3 : 45 min
 t_4 : 60 min

Figura 1. Esquema del desarrollo experimental para evaluar el efecto del tiempo de exposición con ultrasonido en el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*).

3.3.2. Diagrama de flujo del proceso de ultrasonido

A continuación se describe cada operación en el diagrama de flujo de la Figura 2 para la elaboración de pulpa de camu camu a exposición con tratamiento de ultrasonido.

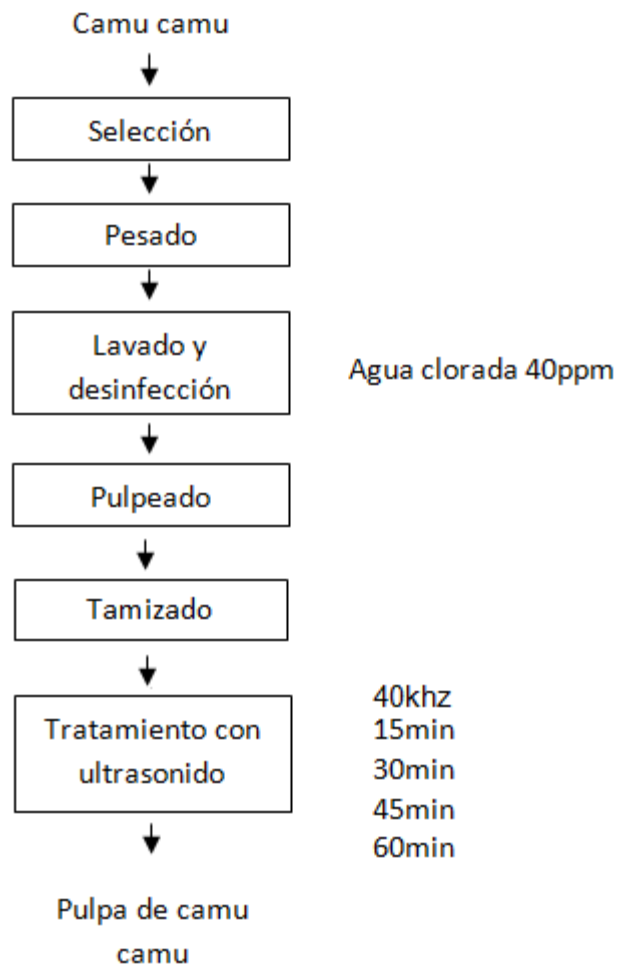


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de camu camu y ultrasonido

A continuación se explica cada una de las operaciones del diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de camu camu y exposición con ultrasonido.

Selección. Se seleccionaron los frutos maduros, eliminando aquellos en mal estado (exceso de madurez, frutos golpeados, magullados, o deterioradas por ataque de insectos o microorganismos, daños por golpes). Los sólidos solubles del camu camu estuvieron en 7 °Brix (AMPEX, 2007).

Pesado. Se pesó el fruto con la finalidad de determinar el rendimiento en pulpa de la fruta al final del proceso.

Lavado y desinfección. Esta operación se realizó para eliminar suciedad y/o restos de tierra adheridos a la superficie de la fruta añadiendo al agua clorada a 40 ppm.

Pulpeado. Se empleó una licuadora en la cual se procedió a licuar los camu camu por un tiempo de 4 minutos,

Tamizado. Se procedió al tamizado con malla de 4mm para la separación de semillas y cascaras.

Tratamiento con ultrasonido. De la pulpa obtenida se tomaron muestras de aproximadamente 20mL de pulpa, se colocaron en frascos de vidrio de 4oz de capacidad, sobre rejilla de acero; se cuidó que el nivel del agua este sobre el nivel de la pulpa de camu camu. Luego fueron sometidos de manera independiente a tratamientos con ultrasonido a una frecuencia de 40 kHz; (100% de potencia transmitida al medio) durante 15, 30, 45 y 60 min. La sonicación se realizó en un baño de ultrasonido multifrecuencia marca Branson, CPX/CPXH con capacidad para 25 litros. Una vez concluido el tiempo de tratamiento, las muestras se retiraron del baño de ultrasonido y fueron analizadas determinando sus

propiedades fisicoquímicas y vitamina C. Todos los tratamientos de ultrasonido se realizaron por cuadruplicado.

3.4. Métodos de análisis

La pulpa de Camu camu se sometió a tres análisis fisicoquímicos antes y después de someterla a tratamiento de ultrasonido: determinación de % acidez titulable, % vitamina C, sólidos solubles.

(Procedimiento en Anexo V)

- Determinación de % acidez titulable. Método recomendado por la AOAC (1995).

Se Colocó 10 g de muestra a 20 °C en un matraz de 50 mL

Se enrasó a 50 mL con agua destilada y homogenizar.

Se Tituló con una solución de NaOH 0,1 N y se usó fenolftaleína como indicador, hasta que la muestra cambió a un color rosa tenue.

La acidez titulable se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%AT = \frac{VNE}{10A} 100$$

Donde:

AT : Acidez titulable (%)

V : Gasto de NaOH en la titulación (mL)

N : Normalidad del NaOH

E : Miliequivalente (factor)

A : Gramos de muestra

- Determinación de % de vitamina C. Método recomendado por Hernández y Pinedo (2003).

Se utilizó el método yodimétrico la vitamina c al ser un reductor suave reacciona rápidamente con el ión triyoduro, generando un

exceso del mismo (i3) por reacción de yodato con yoduro, luego se titula por retroceso con una solución de tiosulfato

- Determinación de % contenido de sólidos solubles. Método recomendado por la AOAC (1995).

Se Colocó 2 a 3 g. de muestra a 20 °C en el visor del refractómetro de mano (calibrado con agua destilada).

Se Tomaron lectura directamente de la concentración de sólidos solubles expresado en °Brix y se reportó los resultados.

3.4.1. Recuento de mesófilo aerobios viables

El recuento de mesófilo aerobios viables fue realizado de acuerdo con los métodos descritos por Mossel y otros, (2006). Se separaron asépticamente 10 g de muestra que se homogenizaron en 90 mL de agua peptonada al 0.1%. Una serie de diluciones fueron preparadas en 9 mL de agua peptonada con 1 mL de alícuota. El recuento de mesófilo aerobios viables se determinó usando el método de siembra en superficie en Agar para Recuento - PCA como el medio, por duplicado. Las placas se incubaron a 35 °C durante 48 horas. Luego se procedió al conteo de número de colonias.

3.5. Métodos estadísticos

El método estadístico correspondió a un diseño unifactorial, con 4 repeticiones. Para contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilo en la pulpa de camu camu, se empleó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas (Montgomery, 2004), posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22.0 y para la elaboración de las figuras se usó el paquete estadístico Statistica versión 12.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del ultrasonido sobre el contenido de vitamina C en pulpa de Camu camu

En la Figura 3 se muestran los valores del contenido de vitamina C en la pulpa de camu camu a tiempo de exposición con ultrasonido 0, 15, 30, 45, 60min. (Valores en Anexo I)

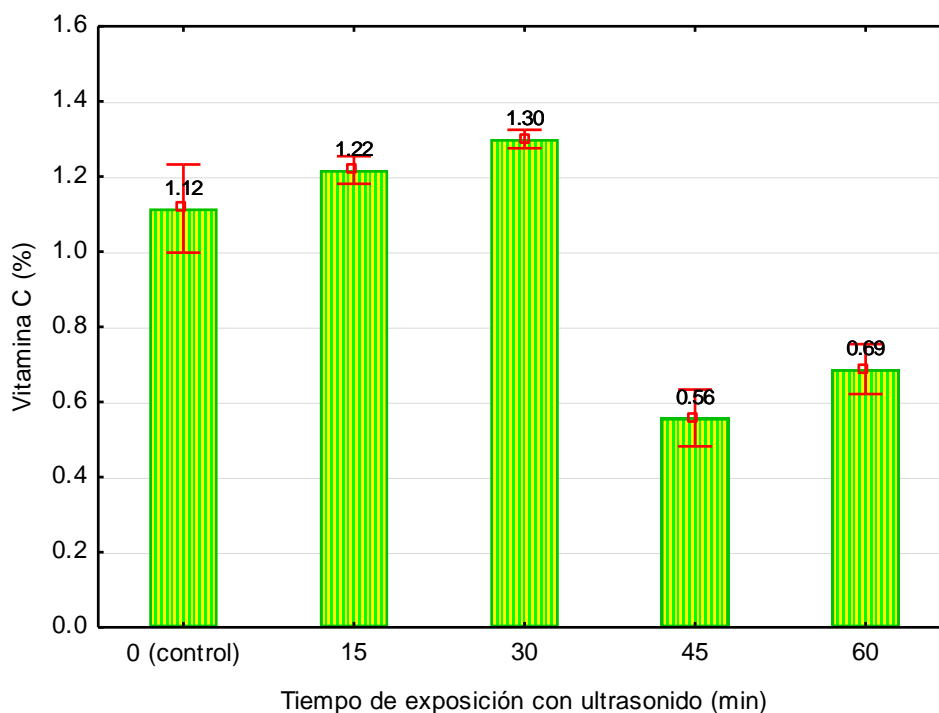


Figura 3. Variaciones del contenido de Vitamina C en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.

En la Figura 3 se observa que hasta 30 min de exposición se mantuvo el contenido de vitamina C, a partir de 45 a 60 min el contenido de vitamina C disminuyó siendo menor a 45min con 0.56%.

También se pudo observar que del tiempo 0 (control) al tiempo 60 min disminuyó al 50% de contenido de vitamina C siendo los valores 1.12 y 0.56% respectivamente.

En el Cuadro 3 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de contenido de vitamina C, denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 3. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de vitamina C en pulpa de camu camu.

Variable	Estadístico de Levene	p
Vitamina C (%)	2.294	0.107

$p>0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 4 contiene el análisis de varianza para los valores de contenido de vitamina en pulpa de camu camu.

Cuadro 4. Análisis de varianzas para los valores de contenido de vitamina C.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tiempo	1.764	4	0.441	85.326	0.000
Error	0.078	15	0.005		
Total	1.841	19			

$p<0.05$, existe efecto significativo

El análisis de varianza muestra que el tiempo de exposición con ultrasonido presentó efecto significativo ($p<0.05$) sobre el contenido de vitamina C en pulpa de camu camu.

El Cuadro 5 contiene la prueba de Duncan para los valores de contenido de vitamina en pulpa de camu camu.

Cuadro 5. Prueba de Duncan para los valores de contenido de vitamina C.

Tiempo de exposición con ultrasonido (min)	Subgrupo			
	1	2	3	4
45	0.56			
60	0.69			
0 (control)	1.12			
15	1.22			1.22
30				1.30

En el Cuadro 5 se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de contenido de vitamina C en pulpa de camu camu, expuesta a tiempo con ultrasonido, donde en el subgrupo 3 se tiene al tratamiento control (0min) y al tratamiento con 15min de exposición con ultrasonido, que presentaron valores de 1.12 y 1.22% de contenido vitamina C.

Ordoñez y otros (2017), trataron muestras de jugo de aguaymanto con ultrasonido en un sistema de baño ultrasónico, a 42 kHz de frecuencia y tiempos de exposición de 10, 20 y 40min. Se encontró una disminución significativa en el porcentaje de ácido ascórbico en comparación a la muestra control, al incrementar el tiempo de exposición, 10min (25.45%), 20min (56.50%) y 40min (78.81%). La pérdida de vitamina C durante el tratamiento con ultrasonido se atribuye a la formación de microcanales durante la cavitación que facilitan el transporte de constituyentes de los alimentos, especialmente nutrientes solubles y la penetración de oxígeno, el cual es considerado uno de los factores más

importantes en la degradación de la vitamina C; Así mismo se presenta (Gamboa, 2014).

Se genera un ligero incremento de vitamina C en el tiempo de exposición con ultrasonido entre el minuto 45 y 60 el cual se atribuye a que mientras más aumente el tiempo de exposición va a ocasiona la evaporación de solvente (agua) elevando así ligeramente la concentración de la vitamina C.

La degradación de la vitamina C durante la sonicación puede ser debido a la formación de radicales libres según Portenla y Heusinger (1992). La formación de este radical hidroxilo tiende a aumentar con la desgasificación. Estas cavidades de sonicación pueden llenar con vapor de agua y gases disuelto a la pulpa, tales como O_2 y N_2 (Korn y otros, 2002).

Adekunte y otros (2010) evidenciaron que con tratamiento de 20 kHz y tiempos de 2, 4, 6, 8 y 10min en jugo de tomate con tratamientos de ultrasonido disminuyó el contenido de vitamina C de 96.9% a 60,7%. encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tawari y otros (2009) evidenciaron una disminución significativa en el contenido de vitamina en jugo de naranja con tratamientos de ultrasonido (2 – 20 min.); sin embargo a 10min y con frecuencia de 20 kHz obtuvieron el valor más alto de contenido de vitamina C.

Rui y otros (2006) evidenciaron que los tratamientos con ondas de ultrasonido en berro fresco tuvo una pérdida de vitamina C de 40 a 60%; encontrando diferencias significativas, fueron evaluados por intervalos de confianza al 95%.

4.2. Efecto del ultrasonido sobre la acidez (%) en pulpa de camu camu

En la Figura 4 se muestran los valores del contenido de acidez (%) en la pulpa de camu camu a tiempo de exposición con ultrasonido 0, 15, 30, 45, 60min.

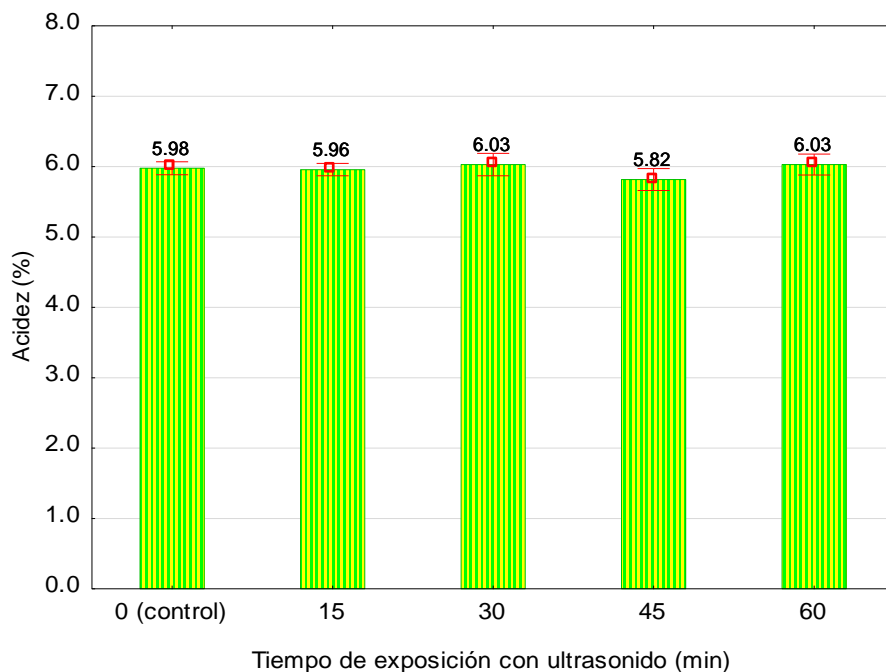


Figura 4. Contenido de acidez (%) en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.

En la Figura 4 se observa que el contenido de acidez presentó una ligera variación donde los valores oscilaron de 5.82 a 6.03%. No hubo diferencia significativa.

En el Cuadro 6 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de contenido de acidez (%), denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza.

Cuadro 6. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de acidez (%) en pulpa de camu camu.

Variable	Estadístico de Levene	P
Acidez (%)	0.767	0.563

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 7 contiene el análisis de varianza para los valores de contenido de acidez (%) en pulpa de camu camu.

Cuadro 7. Análisis de varianzas para los valores de contenido de acidez (%) en pulpa de camu camu.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Tiempo	0.122	4	0.030	1.730	0.196
Error	0.263	15	0.018		
Total	0.385	19			

$p < 0.05$, existe efecto significativo

El análisis de varianza muestra que el tiempo de exposición con ultrasonido no presentó efecto ($p < 0.05$) sobre el contenido de acidez (%) en pulpa de camu camu

Sin embargo se puede observar una variación de contenido de acidez titulable entre subidas y bajadas; esto se atribuye al efecto buffer amortiguador neutralizador que ejercen los componentes presentes en la pulpa de la fruta, los cuales equilibran el contenido de ácidos titulables en la pulpa. (Cheng, 2007).

Alighourchi y otros (2013) estudiaron el efecto del tratamiento ultrasónico sobre la acidez en jugo de granada a diferentes frecuencias

(50, 75 y 100 kHz) y los tiempos (0, 3 y 9min), los resultados mostraron que a diferentes intensidades y tiempos no tuvieron efecto.

Ugarte-Romero, (2006) evidenciaron el efecto del tratamiento con ultrasonido en sidra de manzana a frecuencia de 20 kHz con tiempo de 0, 5, 10, 15, 20min, los resultados en la acidez se encontraban en un rango muy pequeño (0.16 hasta 0.17%) entre las muestras y no se encontró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos y el control.

4.3. Efecto del ultrasonido sobre los sólidos solubles en pulpa de Camu camu

En la Figura 5 se muestran los valores del contenido de sólidos solubles en la pulpa de camu camu a tiempo de exposición con ultrasonido 0, 15, 30, 45 y 60min.

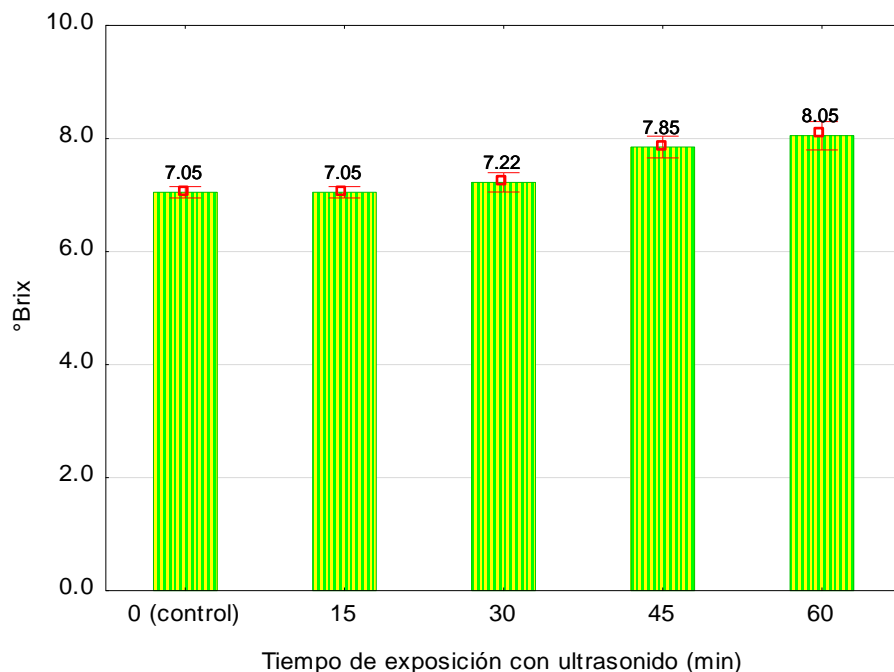


Figura 5. Contenido de sólidos solubles en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.

En la Figura 5 se observa un incremento en el contenido de sólidos solubles al transcurrir el tiempo de exposición con ultrasonido de 7.05 a 8.05%.

En el Cuadro 8 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu, denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 8. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu.

Variable	Estadístico de Levene	p
°Brix	0.941	0.467

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 9 contiene el análisis de varianza para los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu.

Cuadro 9. Análisis de varianzas para los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tiempo	3.562	4	0.891	29.849	0.000
Error	0.448	15	0.030		
Total	4.010	19			

$p < 0.05$, existe efecto significativo

El análisis de varianza muestra que el tiempo de exposición con ultrasonido presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu.

El Cuadro 10 contiene la prueba de Duncan para los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para los valores de contenido de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu.

Tiempo de exposición con ultrasonido (min)	Subgrupo	
	1	2
0 (control)	7.05	
15	7.05	
30	7.22	
45		7.85
60		8.05

En el Cuadro 10, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu, donde en el subgrupo 1 se tiene a los tratamientos control (0min), 15 y 30min de exposición con ultrasonido con valores de 7.05, 7.05 y 7.23, (siendo estadísticamente iguales), los sólidos solubles hasta 30 min de exposición no se vieron alterados, superior a este tiempo se incrementaron.

Se puede observar también que al transcurrir el tiempo de exposición de la pulpa al ultrasonido se ve un incremento de sólidos solubles de 7.05 a 8.05 °Brix, como también menciona Perdomo y Pérez. (2016); quienes evaluaron el efecto del ultrasonido en pulpa de mango empleando un baño con ultrasonido de 40 kHz, tiempo de exposición (0, 15, 30, 45 y 60 min.), mostrando que a 60min se incrementa un 18.11% de sólidos solubles; Se considera que el incremento de los sólidos solubles es atribuible a la implosión de las microburbujas, generadas por el ultrasonido, destruye los tejidos de las paredes celulares, permitiendo

un mayor ingreso de agua y sólidos solubles en las membranas celulares (Zou, 2010)

El incremento en el contenido de sólidos solubles puede ser debido a la micro-evaporación del agua, la cual es generada en el sistema por efecto de la cavitación, tal y como lo mencionan Knorr y otros, (2004); que a mayor frecuencia de tratamiento el efecto de la cavitación es menor, ya que el tiempo dado a las burbujas para crecer y afectar el sistema. El efecto de la cavitación podría ser el responsable de la micro-evaporación, lo cual influiría en el aumento de la concentración de los sólidos solubles en la pulpa de camu camu del presente estudio.

4.4. Efecto del ultrasonido sobre el recuento de mesófilos en pulpa de camu camu

En la Figura 6, se muestran los valores del contenido de mesófilos en la pulpa de camu camu a tiempo de exposición con ultrasonido 0, 15, 30, 45, 60min.

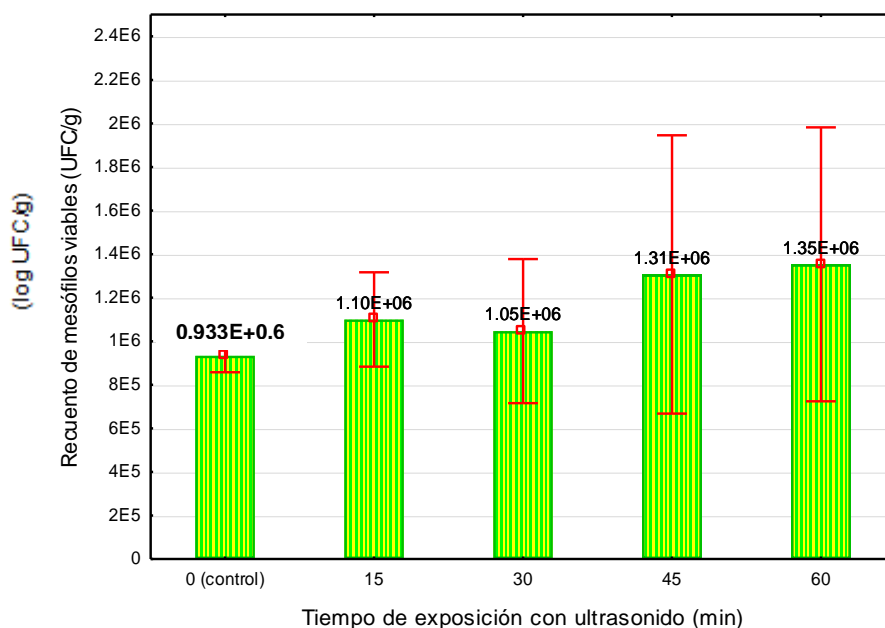


Figura 6. Recuento de mesófilos en pulpa de camu a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido.

En la Figura 6, se observa que el contenido de mesófilos en la pulpa de camu camu presentó una ligera variación donde los valores oscilaron de $0.933E+06$ a $1.35E+06$ log UFC/g. No se evidenció diferencia significativa.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de contenido de recuento de mesófilos en pulpa de camu camu, denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza.

Cuadro 11. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de recuento de mesófilos en pulpa de camu camu.

Variable	Estadístico de Levene	p
Recuento de mesófilos viables (UFC/g)	0.580	0.687

$p>0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 12 contiene el análisis de varianza para los valores de contenido de recuento de mesófilos en pulpa de camu camu.

Cuadro 12. Análisis de varianzas para los valores de contenido de recuento de mesófilos en pulpa de camu camu

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tiempo	$3.780E+11$	4	$9.449E+10$	3.018	0.071
Error	$3.131E+11$	10	$3.131E+10$		
Total	$6.910E+11$	14			

$p>0.05$, no existe efecto significativo

El análisis de varianza muestra que el tiempo de exposición con ultrasonido no presentó efecto ($p<0.05$) sobre el recuento de mesófilos en pulpa de camu camu.

Martínez, (2008) estudió el efecto del tratamiento ultrasónico sobre reducción de la flora nativa en néctar de mango a 40khz y tiempos (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30min), el resultado obtenidos no fue significativo en la reducción de la flora nativa de mesófilos aerobios; sin embargo no encontró crecimiento a lo largo de de 12 días de almacenamiento. Así mismo los resultados de esta investigación son similares ya que estadísticamente nos arroja que no se encontró diferencia significativa en reducción o crecimiento de mesófilos, sin embargo se puede observar en la figura 6 un ligero crecimiento de mesófilos a lo largo del tiempo de exposición, se le puede atribuir a que posiblemente la potencia y el tiempo de exposición no fueron las adecuadas para la reducción de recuento de mesófilos.

Vírseda, (2011) señala que los tratamientos con ultrasonido se demuestra como un método adecuado y efectivo para destruir patógenos gran negativo y listeria, Sin embargo la reducción de los niveles de microorganismos mesófilo sigue aún en estudios.

Asimismo, los resultados de esta investigación son similares ya que durante el tratamiento no se encontró diferencias significativas en crecimiento o disminución de mesófilos, se mantuvo con los resultados de la muestra control.

V. CONCLUSIONES

Existe un efecto significativo ($p < 0.05$) de la frecuencia de tratamiento con ultrasonido y el tiempo de exposición sobre la vitamina y sólidos solubles en pulpa de camu camu.

El contenido de vitamina C en la pulpa de camu camu; a 30min de exposición con ultrasonido se obtuvo el mayor contenido 1.30%, pasando este tiempo disminuyó hasta un 50%.

La exposición con ultrasonidos a frecuencia de 45kHz y tiempos de 0 a 60min no tuvieron efectos significativos sobre la acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de camu camu;

VI. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio similar teniendo en cuenta diferentes tiempos, frecuencias y como variable de control a la temperatura.

Recircular el agua del baño con ultrasonido para contrarrestar la subida de temperatura causada por las ondas de ultrasonido.

Tener en cuenta las condiciones del equipo a utilizar (intensidad de potencia, frecuencia, temperatura).

Realizar un análisis de humedad en base seca para poder determinar si el aumento o concentración de la vitamina C se deba a la evaporación del agua en la pulpa de Camu camu.

Realizar una evaluación de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos aerobios viables a la pulpa tratada con ultrasonido y su comportamiento durante el almacenamiento.

Realizar un estudio con ultrasonido por sistema tipo sonda, para poder evaluar y comparar el efecto que tiene en el recuento de mesófilos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alighourchi, H. R., Barzegar, M., Sahari, M. A. and Abbasi, S. 2013. Effect of sonication on anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant capacity of pomegranate juices. *International food research journal* 20(4), 1703-1709.

Adekunte, Tiwari, B. K., Cullen P.J., Scannell, A.G.M C., O'Donnell, P.J. 2010. Effect of sonication on color, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food chemistry*, 122, 500-507.

Ampex. 2010. Asociación macro regional de productores para la exportación. Disponible en: <http://www.ampex.com.pe/principal.php>

Awad T.S., Moharram H.A., Shaltout O.E., Asker D., Youssef M.M. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*. 40:410-427.

Azuola R.Y., Vargas P. 2007. Extracción de sustancias asistidas por Ultrasonido. En: *Tecnología en marcha*. 20, (4): 31-32.

Chaparro M.C., Guzmán R., Moreno G. 1992. Manejo postcosecha de la guanábana (*Annonamuricata* L.) y caracterización de algunas propiedades físico-químicas con el grado de madurez. Tesis para la obtención del Título de Ingeniería Agrónoma, otorgado por la Universidad de Colombia, a través de la Facultad de Agronomía. Colombia.

Buzeta, A. 1997. Chile: Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile 133p. Disponible en:
<http://www.oceansprayitg.com/products/nutritionals/UPC%2094040,%2094041.pdf>

Chemat, F., Zill-e-Huma, Muhammed K.K. 2011. Applications of ultrasound in food technology. Processing, preservation and extraction. *Ultrasonic Sonochemistry* 18:813-835.

Cheng, L. H.; C. Y. Soh; S. C. Liew & F. F. The. 2007. Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. *Food Chemistry*, 104, 1396-1401.

Dimitri, M. 1995. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Segundo volumen. 3.^a edición, pág. 657-1163. Buenos Aires: ACME.

Earle, M.D. 1997. Innovation in the food industry. *Trends En: Food Science y Technology*. 8. 166-175.

Fennema, O.O. 2000. *Química de Alimentos*. Segunda Edición. Zaragoza. Acribia S.A.

Gamboa, j., A. Montilla; A. Cortijo; J. A. Carcel; J. V. García & M. Villamiel. 2014. Impact of power ultrasound on chemical and physicochemical quality indicators of strawberries dried by convection. *Food Chemistry*, 161:40-46.

Gómez, J. y López, A. 2009. Aplicación del ultrasonido en el tratamiento de alimentos. *Revista: temas selectos de Ingeniería de Alimentos*. Universidad de las Américas. Puebla, México

González G. 2005. Aplicación de Ultrasonidos para la estabilización de sistemas alimentarios. En: *II Congreso de Desarrollo Agroindustrial*. Instituto Universitario de la Paz UNIPAZ. Barrancabermeja. 1-5. Disponible en:

<http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/26/26>

Hart, E.J., Henglein, A. 1985. Free radical and free atom reactions in the sonolysis of aqueous iodide and formate solutions *Journal of Physical*

Chemistry, 89, 4342 – 4347.

Hernández, R.E., Pineda R.C. 2003. Estudio comparativo de la cuantificación del Ácido ascórbico (vitamina C) en jugo de naranja utilizando el método de titulación yodométrica a micro escala y yodométrica a macro escala. Tesis para la obtención del Título de licenciado en Química y Farmacia, otorgado por la Universidad de el Salvador, a través de la Facultad de Química y Farmacia. El Salvador. San Salvador.

Herrero A.M. y Romero de Avila M.D., 2006. Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. Rev Med Univ Navarra. 50(4): 71-74

Imán, S., Melchor, M. 2001. Tecnología para la producción del camu camu. Serie Manual N° 1-07. Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA. Primera Edición. Lima. 51 p.

Knorr D., Zenker M., Heinz V., Lee D.U. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. Trends Food Sci. Tech. 15: 261-266.

Korn, M., Prim, P.M., De Sousa, C.S. 2002. Influence of ultrasonic waves on phosphate determination by the molybdenum blue method. Microchemical Journal, 73(3), 273 – 277.

Llull P., Simal S., Benedito J., Rosello C. 2002. Evaluation of textural properties of a meat-based product (sobrassada) using ultrasonic techniques. J FoodEng. 53: 279-285.

López A., Figueroa J., Mendoza A., Martínez H., Ramírez B., Morales E., García I. 2006. The Ultrasound Technique for Predicting Wheat Quality on Single Kernels. En: Revista Fitotecnia Mexicana 29, 163-169.

Makino, K., Mossoba, M. y Meter, M. 1986. Chemical effects of ultrasound on aqueous solutions. Formation of hydroxyl radicals and hydrogen atoms. Revista científica The American chemical society. 87, 1369-1377.

Márquez, C.C. 2009. Caracterización fisiológica, físico-química, reológica, nutraceútica, estructural y sensorial de la guanábana. Tesis para la obtención del Título de Doctor en Ciencias, otorgado por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín. Colombia.

Martínez M. 2008. Estabilidad de néctar de mango tratado con ultrasonido y/o radiación ultravioleta de onda corta. Tesis ingeniería química y alimentos. Universidad de las Américas Puebla , Cholula. México.

McClements, D.J. 1995. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. Trends Food Sci. Tech. Vol. 6, No. 9: 293-299

Méndez, J. 2003. Perfil de mercado y productivo de la guanábana. Revista AbtAssociatesInc. Guatemala. Disponible en:
<http://www.abtassociates.com/About-Us/Global-Presence.aspx>

Ministerio de Agricultura. 2007. Producción de Frutas según departamento. Dirección General de Información Agraria. Disponible en:
www.mpfm.gob.pe/CD/compendio_estadistico/cap11/Cap11019.XLS

Montgomery D. 2004. Diseño de Análisis de Experimentos. Segunda Edición. Editorial Limusa S.A. México.

Moreiras O. 2001. Tablas de Composición de Alimentos. Ediciones Pirámide. Madrid

Mulet A., Carcel J.A., Sanjuan N., Bon J. 2003. New food drying technologies - Use of ultrasound. Food Sci. Tech. Int. 9: 215-221.

Orozco M.L., Prieto R.E.; Díaz L.E. 2012. Efecto de la adición de cebolla, ajo y la aplicación de ultrasonido de alta intensidad sobre la actividad de la polifenoloxidasas en guacamole. *Vitae*. 19(1):132-134.

Perdomo, V. & Pérez. 2016. Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido (40kHz) en las características fisicoquímicas, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward. *Pueblo Continente*, 27(2); 385-396

Petrier, C., Combet, E., Mason, T. 2007. Oxygen induced concurrent ultrasonic degradation of volatile and non-volatile aromatic compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*. 14,114 – 121.

Picon, B., Acosta, A. 2000. Cultivo del Camu camu (*Myrciaria dubia*) en la selva baja del Perú. Manual Técnico Ministerio de Agricultura Dirección Regional. Iquitos. Perú. Disponible en:
<http://190.187.112.90/promamazonia/SBiocomercio/Upload/Lineas/Documentos/274.pdf>

Pinedo, M. 2001. Sistema de Producción de Camu camu en restinga. Instituto de investigación de la Amazonía Peruana. Disponible en:
<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/L020.pdf>

Porras O., González G., Castellanos A., Ballesteros J., Pacheco M. 2011. Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad común. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos Alimentos hoy*. 20 (23).

Portenla G., Heusinger, H. 1992. Chemical reactions induced by ultrasound and g-rays in aqueous solutions of L-ascorbic acid. *Carbohydrate Research*, 232(2), 291-301.

Ramos, A.Z., 2002. Evaluación de factores de procesamiento y concentración de pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*) H.B.K.(camu camua) que reducen el contenido de vitamina C. Revista amazónica de investigación alimentaria v.2 n° 2 p. 89 - 99 (2004)

Riva, C., 2001. Sistema de producción de Camu camu en restinga Manual técnico. Instituto de Investigación de la amazonia Peruana. Iquitos.

Roca. N. 1995. Estudio químico bromatológico de la *Myrciaria dubia Berg*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico, otorgado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a través de la facultad de Ingeniería Química. Lima. Perú.

Robles-Ozuna L.E. y Ochoa-Martínez L.A. 2012. Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13, (2): 109-122.

Rui M.S. Cruz, Margarida C. Vieira Cristina L.M. Silva. 2006. Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. Innovative food science y emerging technologies. Volume 9, issue 4, 483-488.

Shifeng Cao, Zhichao Hu, Bin Pang , Haiou Wang, Huanxiong Xie, Feng Wu. 2010. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest . Food control, 21, 529-532.

Singh, P. 2009. Introducción a la Ingeniería de Alimentos. 2ª Ed. Editorial Acribia. España.

Silva, C.R.; Simoni, J.A.; Collins, C.H.; Volpe, L.O. 1999. Ascorbic Acid as a Standard for Iodometric Titrations. Journal Of Chemical Educations. 76(10), pp.1421-1422.

Tiwari, B.K., O' Donnell, C.P., Muthukumarappan, K., Cullen, P.J. 2009. Ascorbic acid degradation kinetics of sonicated orange juice during storage and comparison with thermally pasteurised juice. *Food science and technology*, 42, 700-704.

Ugarte-Romero, Hao Fen, Scott E. Martin, Keith R. Cadwallader, and Scott J. Robinson. 2006. Inactivation of *Escherichia Coli* with power ultrasound in apple cider. *Food engineering and physical properties. Journal of food science* 71(2), E102-E108.

Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, J. y Ulloa, B. 2013. Ultrasonido: aplicaciones en el campo de los alimentos. *Revista: Nueva Época. Nayarit. México.*

Vega, V. 2002. Evaluación de ácidos ascórbicos y cítricos en clones y plantaciones de Camu camu. Instituto de investigación de la Amazonía Peruana. Ucayali. Perú. Disponible en:

[http://www.researchgate.net/publication/259892356_EVALUACION_AGRO_NMICA_DE_CUATRO_CLONES_DE_CAMU_CAMU_\(Myrciaria_dubia_\(H.B.K\)_Mc_Vaugh\)_EN_UN_SUELO_ALUVIAL_INUNDABLE_DE_LA_REGION_UCAYALI](http://www.researchgate.net/publication/259892356_EVALUACION_AGRO_NMICA_DE_CUATRO_CLONES_DE_CAMU_CAMU_(Myrciaria_dubia_(H.B.K)_Mc_Vaugh)_EN_UN_SUELO_ALUVIAL_INUNDABLE_DE_LA_REGION_UCAYALI)

Villachica, H. 1996. Camu camu, Fruta Nativa con Excelentes Posibilidades para su Exportación. *Revista Pura Selva. Edic. N° 138. Mayo. 1,996.*

Vírseda, P. 2011. Primer Congreso Nacional de Agroalimentación bajo el lema "innovar para avanzar". Panplona. España. Disponible en:

http://www.coiaanpv.org/recursos/files/web/congresos_y_jornadas/historico_de_congresos/congreso_agroalimentacion/ponencias/congreso_agronomos3.pdf

Zapata, S., Dufour, J. 1993. Camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) Chemical Composition of Fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 61, n. 3, p. 349-351, 1993.

Zou, Y., Xie, C., Fan, G., Gu, Z., & Han, Y. 2010. Optimization of ultrasound-assisted extraction of melanin from *Auricularia* fruit bodis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4). 611-615. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2010.07.002>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Contenido de vitamina C en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido

Cuadro A. Contenido de vitamina C en Pulpa de camu camu

MUESTRAS	BLANCO	15min	30min	45min	60min
x1	1.22	1.22	1.28	0.61	0.7
x2	1.19	1.22	1.31	0.61	0.61
x3	1.09	1.26	1.28	0.45	0.67
x4	0.96	1.17	1.33	0.56	0.77
PROMEDIO	1.12	1.22	1.3	0.56	0.69

Anexo 2. Acidez (%) en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido

Cuadro B. % Acidez en pulpa de camu camu

MUESTRAS	BLANCO	15min	30min	45min	60min
x1	5.87	6.08	5.94	6.01	6.23
x2	6.02	5.94	5.87	5.66	6.01
x3	6.08	5.87	6.08	5.73	6.01
x4	5.94	5.94	6.23	5.87	5.87
PROMEDIO	5.98	5.96	6.03	5.82	6.03

Anexo 3. Contenido de sólidos solubles en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido

MUESTRAS	BLANCO	15min	30min	45min	60min
	°Brix	°Brix	°Brix	°Brix	°Brix
X1	7	7.2	7.4	8	8.4
X2	7.2	7	7.3	7.6	8
X3	7	7	7	8	8
X4	7	7	7.2	7.8	7.8
PROMEDIO	7.05	7.05	7.225	7.85	8.05

Anexo 4. Recuento de mesófilos en pulpa de camu camu tratada con ultrasonido

Cuadro F. Recuento de mesófilos viables en pulpa de camu camu

Tiempo de exposición con ultrasonido (min)	Recuento de mesófilos viables (UFC/g)	Promedio
0 (control)	9.60E+05	
0 (control)	9.00E+05	9.33E+05
0 (control)	9.40E+05	
15	1.04E+06	
15	1.06E+06	1.10E+06
15	1.20E+06	
30	9.60E+05	
30	9.80E+05	1.05E+06
30	1.20E+06	
45	1.20E+06	
45	1.12E+06	1.31E+06
45	1.60E+06	
60	1.16E+06	
60	1.26E+06	1.35E+06
60	1.64E+06	