UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Informe de Tesis

Efecto de la concentración de ácido cítrico y temperatura de secado en la degradación de carotenoides del mesocarpio de Aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo cultivado en el distrito de Callería de la Región Ucayali.

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ALMEIDA PEREZ, NIEVES ISELA

PÉREZ ESCALANTE, CINDY GRACE

ASESOR

ING. CALEB LEANDRO LAGUNA

YARINACOCHA – UCAYALI

PERU - 2017

A Dios y a nuestros padres por el apoyo en todo momento de nuestras vidas.

Víctor Almeida e Isela Pérez, por el infinito amor que me tienen y el aliento que me dan para seguir adelante.

Abuelitos Bertha y Miguel; que en vida formaron mi niñez a través de su amor y paciencia, y ahora desde el cielo me cuidan.

A Ecklin Pérez e Isabel Escalante; Martha y Francisco, por estar presentes en cada momento y logro de mi vida; por su guía, protección y amor infinito.

Agradecemos a nuestro asesor Caleb Leandro por el apoyo, asesoría y compromiso en la realización de este trabajo.

Índice General

		Pág.
ÍNDICE DE CUADROS		Vi
ÍNDICE DE FIGURAS		vii
RESUMEN		8
ABSTRACT		9
I.	INTRODUCCIÓN	10
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1.	Antecedentes	12
2.2.	Bases teóricas	17
2.2.1	Aguaje	17
2.2.2	Carotenoides	21
2.2.3	Secado de frutas	24
2.3.	Definición de términos básicos	25
III.	MÉTODOS	27
3.1.	Ubicación y descripción del área de estudio	27
3.1.1	Ubicación	27
3.1.2	Descripción del área de estudio	27
3.2.	Identificación y descripción del material experimental	27
3.2.1	Materiales	27
3.2.2	Reactivos y equipos	27
3.3.	Variables	28
3.3.1	Variable independiente	28
3.3.2	Variable dependiente	28
3.4.	Población y muestra	28
3.4.1	Población	28
3.4.2	Muestra	28
3.5.	Tratamientos	28
3.6.	Recolección de datos	28
3.6.1	Caracterización de materia prima	28
3.6.2	Determinación del efecto de la concentración de ácido cítrico	29
3.6.3	Determinación de la temperatura de secado	29

3.6.4 Flujo del proceso ejecutado en la investigación…..…….. 29
3.6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos……..…….. 31
3.7. Procesamiento de los datos…..……..... 31
3.7.1 Diseño experimental……..…….. 31
3.7.2 Técnicas para el procesamiento de los datos…….…..…….. 31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……...…….…… 32
4.1. Características fisicoquímicas de la pulpa de aguaje……..……..... 32
4.2. Contenido de carotenoides en la pulpa deshidratada de aguaje…..…… 32
V. CONCLUSIONES……...……..……. 42
VI. RECOMENDACIONES……. 43
VII. BIBLIOGRAFÍA……..… 44
VIII. ANEXOS……..… 47

Índice de Cuadros

		Pág.
Cuadro 1.	Composición química del aguaje por cada 100 g……..	19
Cuadro 2.	Concentración de β- caroteno y α- tocoferol de los morfotipos……	20
Cuadro 3.	Valor nutricional de minerales encontrados en tres morfotipos……	20
Cuadro 4.	Técnicas de recolección de datos……..	31
Cuadro 5.	Características fisicoquímica de la pulpa de Aguaje……..	32
Cuadro 6.	Contenido de carotenoides en el mesocarpio del aguaje sometido a diferentes temperaturas de secado y tratamientos previos con ácido cítrico……..	34
Cuadro 7.	Análisis de varianza para el contenido de carotenoides en el mesocarpio del aguaje……..	35
Cuadro 8.	Comparaciones múltiples para mg por cada 100 g de muestra por Temperatura……..	35
Cuadro 9.	Comparaciones Múltiples de Tukey para mg por cada 100 g de muestra por ácido cítrico…….	36
Cuadro 10.	Resumen estadístico para mg por cada 100 g de muestra……...	39
Cuadro 11.	ANOVA para mg por cada 100 g de muestra por tratamiento……..	39
Cuadro 12.	Pruebas de Múltiple Rangos para mg por cada 100 g de muestra por Tratamiento……	40

Índice de Figuras

		Pág.
Figura 1.	Diagrama de flujo planteado en la ejecución de la investigación…….……	30
Figura 2.	Interacción en función a la temperatura de secado……..…….	37
Figura 3.	Interacción en función a los tratamientos con ácido cítrico…….……	38
Figura 4.	Cantidad de Carotenos por 100g de muestra a partir de los tramientos....	41

RESUMEN

El aguaje es el fruto comestible con mayor reserva de caroteno (vitamina A). El proceso de secado del aguaje implica una serie de actividades que desfavorecen el aprovechamiento del valor nutricional al momento de consumirla como tal, siendo el objetivo del presente trabajo, el cual fue evaluar el efecto de la concentración de ácido cítrico y temperatura de secado en la degradación de carotenoides del mesocarpo de aguaje. Los factores de estudio fueron la temperatura de secado (40, 50 y 60°C) y la concentración de ácido cítrico (0.5; 1.0; 1.5 y 2.0) p/v. Se estudiaron características fisicoquímicas del mesocarpo del fruto, siendo la humedad 71,66%; pH 3,97; acidez del 8%; 7,67% de grasas y 0,94% de cenizas. Las diferencias detectadas en la evaluación del mesocarpio de aguaje por los diferentes tratamientos, sugieren que la inmersión previa con ácido cítrico al 2.00% y la desecación en la estufa a 40°C, contribuyen al menor impacto sobre la degradación de carotenoide presente. Se determinaron valores de 7.94mg Carotenoides/100g de muestra, lo cual hace conveniente a este subproducto como una potencial fuente de provitamina A en pulpa deshidratada de Aguaje, que permitiría la utilización de estos en la preparación de diversos derivados agroindustriales.

Palabras Claves: Aguaje, caroteno, secado, ácido cítrico.

ABSTRAC

The waterhole is the edible fruit more reserve carotene (vitamin A). The drying process aguaje involves a series of activities that disfavor the use of nutritional value when consuming it as such, with the objective of this study was to evaluate the effect of the concentration of citric acid and drying temperature in the degradation of carotenoids aguaje mesocarp. Factors study were drying temperature (40, 50, and 60 ° C) and citric acid concentration (0.5; 1.0; 1.5 and 2.0) p/v. physicochemical characteristics of the fruit mesocarp were studied being moisture 70.5%, pH 3.74 and 75% acidity. The differences detected in the evaluation of mesocarpio aguaje by the different treatments, suggest that previous dive with 2.00% citric acid and drying in the oven at 40 ° C, contributing to lower impact on the degradation of carotenoids. Carotenoids values 7.94mg / 100g sample which makes this product suitable as a potential source of provitamin A Aguaje dried pulp, would allow the use of these in the preparation of various derivatives were determined agroindustrial.

Keywords: Aguaje, carotene, drying, citric acid.

I. INTRODUCCIÓN

El aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* es el fruto comestible con mayor reserva de caroteno (vitamina A). Comparado con la zanahoria y la espinaca (conocidos por su alto contenido de vitamina A el fruto del aguaje es cinco veces mayor. Esta vitamina contribuye a mejorar la visión, especialmente ante la luz tenue y también es necesaria durante la reproducción y la lactancia (Del Castillo, 2006).

Con el fin de alargar y conservar las características nutricionales iniciales, se amplían alternativas de transformación para el consumo del mismo a sectores industriales, como el secado y la posterior producción de harina.

El proceso de secado del aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)*, implica una serie de actividades que desfavorecen el aprovechamiento del valor nutricional al momento de consumirla como tal, puesto que existen compuestos inestables como las vitaminas y proteínas que se desnaturalizan por efecto de las temperaturas elevadas y la exposición al ambiente, ya que este último genera pardeamiento enzimático, catalizado principalmente por la Enzima Polifenol Oxidasa (PPO), dichas reacciones dan lugar a la degradación de uno de los componentes más importantes del fruto en mención como los precursores de vitamina A.

Sin embargo existen compuestos como el ácido cítrico que reduce el pardeamiento, evitando de esta manera la oxidación que es uno de los factores que ocasiona la inestabilidad de dicha pro vitamina.

Los autores tienen como objetivo, evaluar el efecto de la concentración de ácido cítrico y temperatura de secado en la degradación de carotenoides en el mesocarpio de Aguaje *(Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo.

Dicho resultado de la investigación, generará conocimiento científico, que servirá como iniciativa a futuras investigaciones afines de conservación y optimización de procesos en transformación de alimentos amazónicos, lo cual contribuirá a la búsqueda de alternativas principalmente dentro de las actividades agroindustriales y/o afines a ésta.

Al presentarse menor degradación de carotenos en el secado del mesocarpo del Aguaje *(Mauritia flexuosa L. f.)* se obtendrá un producto con alto valor nutricional en comparación a los obtenidos hasta la actualidad, desarrollando indicios a nuevas tecnologías de secado de este fruto para su mejor aprovechamiento de conservación de sus bondades iniciales, el cual pueda ser aplicable en producciones industriales con miras a la oferta de productos

amazónicos transformados con importante valor nutricional, capaz de competir en el mercado local, nacional e inclusive internacional, contribuyendo al desarrollo económico de la región productora y por ende del país.

Socioeconómicamente impulsará a desarrollar productos innovadores en el campo agroindustrial, generando mayor inversión de especies productoras de Aguaje *(Mauritia flexuosa L. f.)*, teniendo como resultado mayores ingresos, tanto para los productores primarios, como para los transformadores, a través de la industrialización. Consecuentemente, se ampliará los puestos de empleo hacia todos los relacionados a esté línea laboral, desde el campo hasta la industria de transformación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Lujan (2010), publicaron la tesis de pregrado titulado “Evaluar la estabilidad de la pro vitamina a en la pulpa liofilizada de tres morfotipos de aguaje *(Mauritia flexuosa L.f)”***,** evaluó de la estabilidad de la pro vitamina A, en la pulpa liofilizada de aguaje, evaluando su comportamiento en cápsulas de gelatina, sometida herméticamente en una estufa, a temperatura ≥ 30°C denotando la presencia de la misma, mediante el método de espectrofotometría, que indica la presencia de β-caroteno. Realizó análisis bromatológicos, para determinar el tiempo de vida útil de la muestra dentro de su envoltura, lo cual indica que al pasar el tiempo. Su comportamiento microbiológico antes de que las muestras sean encapsuladas, indica la presencia de Bacterias Heterotróficas y Mohos con una posible contaminación de la muestra, siendo el límite 103 UFC/ml para mohos y levaduras; donde se observa, que después de seis meses de almacenamiento se pierden a un rango inferior a 10 UFC/ml. Para determinar, si la pulpa de aguaje liofilizada es propensa a ganar humedad fácilmente del ambiente en que se encuentra, se ejecutó el análisis de humedad de equilibrio para cada morfotipo utilizando el método de las isotermas de adsorción y así determinar si la muestra analizada es higroscópica o no. Así mismo, analizó la actividad antioxidante para cada morfotipo, con concentraciones de dilución de 10000 µg/mL, 3000 µg/mL, 1000 µg/mL y 300 µg/mL en metanol, antes de que las muestras fueran encapsuladas. Concluyendo que los frutos de aguaje al ser liofilizados se observa que el 75% del agua contenida es eliminada durante el proceso obteniéndose un 25% de pura muestra en los frutos. Después de ser liofilizadas las muestras de aguaje se ejecutó el análisis de humedad para determinar si la muestra es propensa a regenerarse nuevamente captando humedad inmediata del ambiente que lo rodea. La muestra liofilizada no se humedece fácilmente permaneciendo su comportamiento físico estable al ambiente y seco al tacto. En la determinación de pro vitamina A durante su almacenamiento a temperatura de 30ºC se nota una leve degradación oxidativa lo que nos indica presencia de inestabilidad en la muestra.

Sotero (2013), en el artículo científico denominado “Estabilidad y actividad antioxidante de la pulpa liofilizada de tres morfotipos de aguaje *(Mauritia flexuosa L. f.)” ,* realizó la liofilización y sometió a las pulpas de tres morfotipos de aguaje (Mauritia flexuosa L.f): Amarillo, Color y Shambo, procedentes de la Amazonía peruana a los siguientes ensayos: a)Humedad de equilibrio, utilizando el método estático, para obtener sus isotermas de adsorción y ajustando los resultados con la ecuación de B.E.T., con la

finalidad de determinar si estas muestras son higroscópicas o no. b) Encapsulado de la harina y almacenamiento a 30ºC por seis meses, para evaluar la estabilidad de los componentes bromatológicos y â-caroteno (determinado por el método espectrofotométrico a ë=450 nm). c) Evaluación de la actividad antioxidante, utilizando el método de captura de los radicales libres DPPH. De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que en las pulpas liofilizadas, la concentración de ciertos componentes para los morfotipos Amarillo, Color y Shambo fueron: Aceite de 48,23%, 33,44% y 47,47%; proteínas de 6,56%, 5,59% y 6,25%, â-caroteno de 14,6 mg/100g, 10,3 mg/100g y 6,3 mg100g; calcio 6472,68 mg/100g; 7535,52 mg/100g y 15128,42 mg/100g, respectivamente. Las pulpas liofilizadas de los tres morfotipos se encuentran en la zona seca (de 0 a 25%) donde las isotermas se ajustan con la ecuación de B.E.T. La degradación del â-caroteno para los morfotipos Amarrillo, Color y Shambo después de seis meses fue de: 56,85%, 79,61% y 38,10%, respectivamente. El morfotipo Color presentó mejor actividad antioxidante con un valor de IC de 3286,8 ìg/mL, en comparación con los morfotipos 50 Shambo y Amarillo que registraron valores de IC de 6943,4 ìg/mL y 9230,4 ìg/mL.

Llegando a la conclusión que en los análisis bromatológicos se observa que a medida que transcurre el tiempo las muestras encapsuladas se vuelven inestables mostrando diferentes variaciones en: humedad, cenizas, aceites y proteínas. Según la clasificación dada para las isotermas de absorción, las de Shambo y Amarillo estarían en la clasificación II, característica de productos solubles y la de Color en el tipo IV, con absorción de un producto hidrófilo. La determinación de carotenos durante su almacenamiento a temperatura de 30ºC se nota una leve degradación oxidativa lo que nos indica presencia de inestabilidad en la muestra. La mejor actividad antioxidante la presentó el morfotipo Color, seguido de Shambo y finalmente el Amarillo.

Zaccari *et al*., (2007), determinaron “Cuantificación de β-Caroteno en zapallos *(Cucurbita sp.)* Cultivados en Uruguay**”.** Realizó la cuantificación del contenido de β-caroteno en pulpa fresca de siete tipos de zapallos. Los frutos fueron conservados en estructuras de almacenamiento tradicionales, construidas a la intemperie, sin control de temperatura y humedad. Los frutos fueron colocados sobre una mesa de madera de 1,20 x 50 m, con techo de chapas para evitar la lluvia sobre los frutos y al resguardo de una cortina de árboles. Las temperaturas registradas fueron variables en el rango de 8 a 23 °C y 60 a 95% de humedad relativa. Cuantificaron el contenido en β-caroteno en base húmeda por técnica de Cromatografía Líquida de Alta Resolución con una columna C30, siendo la solución de extracción THF-Metanol (1:1). La población local “Criollo” tuvo el menor contenido en β-caroteno con 0,08 – 0,17 mg /100g en base húmeda. “Delicato F1” y “Delica F1” presentaron mayor contenido con 3,17 y 3,74 mg de

β-caroteno / 100g base húmeda. “Atlas F1” fue el cultivar que mantuvo más estable el valor de β-caroteno en el periodo estudiado. Al final del almacenamiento los materiales genéticos evaluados tuvieron similar contenido (1,70 a 2,71 mg/100g base húmeda) diferenciándose sólo del “Criollo” (0,09 mg/100g base húmeda).

Concluyendo que los materiales genéticos evaluados tienen comportamientos diferentes en cuanto al contenido de β-caroteno en el período considerado. El Zapallo Criollo fue el que presentó el nivel más bajo y “Delica F1” la que presenta el más alto. El híbrido interespecífico Maravilla del Mercado F1, el zapallo más consumido en nuestro país, bajo las condiciones de este estudio, incrementó el contenido de provitamina A hacia el mes de agosto. Esta información muestra que mediante el conocimiento de la composición y evolución de β-caroteno de diferentes especies de Cucurbita, una hortaliza de bajo costo y fácil producción en las condiciones agro climáticas de Uruguay, se puede contribuir a mejorar el aporte diario de vitamina A de la población. Es necesario continuar investigando respecto de la influencia del procesamiento y almacenamiento sobre el contenido de provitamina A, de modo de ayudar a los sistemas de comercialización y a las industrias procesadoras de estas hortalizas a elegir las condiciones que favorezcan una mayor retención de la misma.

Camacho *et al*., (2004), publicaron el artículo científico titulado **“**Efecto de la temperatura de secado sobre la degradación de carotenoides en frutos de coroba *(Jessenia polycarpa Karst)”.* Evaluó el efecto de la temperatura de secado sobre el contenido de carotenoides totales del mesocarpio de la coroba. El secado de frutos de coroba maduros lo realizaron hasta reducir la humedad a 12 ± 2 % utilizando tratamientos a 30, 40, 50, 60, 70 y 80 °C. Extrajeron con n-hexano los carotenoides totales de muestras de cada tratamiento. Todos los extractos mostraron máxima absorbancia a 450 nm, característica de b- y g-caroteno. La concentración de carotenoides disminuyó con el aumento de la temperatura de acuerdo a la ecuación lineal Y=130,6-0,915X (r^2=0,983). No observaron cambios significativos en el contenido de carotenoides totales hasta 40 ºC (P>0,05), por lo que se consideró este valor como el más adecuado para el secado del mesocarpio de la coroba.

De esta manera concluye que el contenido de carotenoides totales en el mesocarpio maduro de la coroba disminuyó significativamente (P<0,05) a temperaturas de secado superiores a 40 ºC, por lo que se considera este valor de temperatura como el más adecuado para el secado con garantía de una elevada retención de los carotenoides. La variación del contenido de carotenoides totales en el mesocarpio de la coroba en función de la temperatura de secado en estufa presentó una relación lineal, lo cual permite predecir que la degradación completa de los carotenoides se producirá a una temperatura de 143 ºC. En este sentido, un procesamiento de secado en condiciones no

drásticas de temperatura se obtendrán productos del mesocarpio de la coroba con un contenido importante de estos pigmentos. Los carotenoides del mesocarpio de la coroba mostraron resistencia a la degradación térmica posiblemente influenciada por la presencia de grasa, la cual sirvió como protector ante la transferencia interna del calor.

Gonzales *et al*., (2002), estudiaron la "Deshidratación del *Bactris gasipaes Kunth* (Pijuayo) por flujo de aire caliente y su empleo como sustituto del maíz en raciones para pollos parrilleros". Realizó la optimización de los parámetros de deshidratación del *Bactris gasipaes Kunth* (pijuayo) para su conversión en harina y su empleo como sustituto del maíz en dietas para pollos parrilleros. El secado óptimo del pijuayo se realizó a 60°C empleando un secador de bandejas con una velocidad del aire de 7,62 m/s y espesor de las rodajas en torno a 0,3 cm. El secado de efectuó durante 5 h. La humedad de la harina de pijuayo obtenida tras la aplicación de estos parámetros estuvo en el orden del 10%. A esta humedad la harina de pijuayo, mantuvo sus características organolépticas en perfectas condiciones durante más de 6 meses. El nivel de carbono, proteína y grasa estuvieron en el orden de 74; 3,8 y 11% respectivamente, indicándonos que se trata de un alimento altamente calórico. Su empleo en dietas para pollos, en sustitución del maíz, mostró resultados óptimos hasta con un 25% de sustitución. La ganancia de peso decreció en forma inversa al nivel de sustitución del maíz. Una simple observación mostró que cuanta mayor cantidad de harina de pijuayo existía en la ración, se producía mayor apelmazamiento en el paladar de los pollos y por ende mayor sufrimiento al momento de recoger el alimento.
Llegando a concluir que el flujo de operaciones para la obtención de la harina de pijuayo que se usó como sustituto del maíz en raciones para pollos parrilleros fue selección , lavado, pesado, tratamiento térmico, pelado, cortado, secado, molienda, empacado, almacenado. Se determinó que el tiempo de cocción del pijuayo a 100 º C es de 40 minutos dependiendo del volumen de agua y la cantidad del producto. El proceso de deshidratación por flujo de aire caliente, inhibe los agentes oxidantes, prolongando su tiempo de vida útil de la harina de Pijuayo. A un nivel de 25 % de sustitución de harina de pijuayo se podría considerar como sustituto del maíz. La harina de pijuayo tiende a apelmazarse en el pico del pollo dificultando en ocasiones el consumo. Su periodo de conservación de la harina de pijuayo obtenido por estos parámetros puede darse hasta por un año.

Hernández y Moreno (2000), en el artículo científico titulado "Efecto del secado y del ácido cítrico sobre la degradación de los carotenoides de tamarillo *(Cyphomandra betacea Sendt)".* Describieron la influencia de algunas técnicas de secado, sobre la cuantificación del contenido de carotenoides totales (CT) en pericarpios del fruto de

Cyphomandra betacea Sendt, acondicionados previamente con ácido cítrico en proporciones de 0,50; 1,00 y 2,00 % (p/v). Ensayaron tres técnicas de secado: convección forzada, convección libre y secada a temperatura ambiente. El análisis de varianza determinó diferencias significativas entre los tratamientos (P<0,05). La combinación secado a temperatura ambiente y 0,50% ácido cítrico resultó la más adecuada (0,90 mg CT/g de pericarpio). Las diferencias detectadas en la evaluación del CT del pericarpio de C. betacea por los diferentes tratamiento, sugieren que la inmersión previa con ácido cítrico al 0,5 - 1% y la desecación en cualquiera de las estufas empleadas permitieron la conservación idónea de los carotenoides presentes. Los experimentos descritos en esta investigación podrían ser utilizados, para evaluar estados de maduración, o determinar daños post cosechas, con mayor confiabilidad técnica. Se determinaron valores de 0,009 mg CT/ml lo cual equivale a 0,90 mg CT/ g de pericarpio, lo cual hace conveniente a este subproducto como un potencial fuente de provitamina A, que permitiría la utilización de estos desperdicios agroindustriales en programas de alimentación animal en los trópicos andinos.

Benavides (1987), en la tesis de pregrado titulado “Procesamiento de pijuayo *(Guilielma Gasipaes)*: Deshidratación por flujo de aire caliente. Realizó la determinación de los parámetros de deshidratación del pijuayo (*Guilielma gasipaes*) por flujo de aire caliente y detectó el efecto de procesamiento en la composición química del producto seco (harina) antes y después del almacenamiento a temperatura ambiente. Realizó dos flujos de procesamiento, uno crudo y otro cocido: En el cortado probó tres espesores de rodaja: 0,3; 0,4 y 0,5 cm, que analizados mediante las curvas de secado, determinaron el primero de ellos como el más conveniente. Las curvas de secado y los análisis fisicoquímicos determinaron la temperatura de 60°C y la velocidad de 4,3 m/s como los parámetros más adecuados para la deshidratación del pijuayo crudo cocido, que mostró en ambos casos solo periodo de velocidad de secado decreciente con tres etapas. La difusividades encontradas en cada fase va disminuyendo a medida que el contenido de humedad también disminuye. De la evaluación química de las harinas se puede decir que ambos productos son altamente calorígicos: 450,88 cal. (crudo) y 438,91 cal. (cocido). Los análisis realizados después del almacenamiento (60 días) mostraron un pequeño aumento en el contenido de humedad, disminución del porcentaje de proteína y grasa, cambio en la acidez y pH, cierta pérdida de color y desarrollo de olores y sabores rancios, con mayor incidencia en la harina cruda que en la cocida.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguaje

Palmera de frutos comestibles, originaria del Perú. Se encuentra en las cuencas de Loreto, San Martín, Ucayali y Huánuco, ya sea en forma silvestre o agrupada en manchales (comunidades de la misma especie). También hay en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela. Alcanza los 35 m. de altura, su fruto es elíptico de 5-7 cm. de largo y 4-5 cm. de ancho. Se adapta al clima tropical caluroso y húmedo, suelos mal drenados, suelos inundados.

El aguaje (*Mauritia flexuosa L.f.),* es una de las especies representativas de la selva peruana y su fruto es muy apreciado por los pobladores de esta región, en contraste con otros países amazónicos, es en el Perú donde se aprecia el consumo de su pulpa, ya sea en forma directa o en refrescos, helados, yogures, mermeladas entre otros usos se trata de una palmera nativa de la Amazonía, se considera originaria de las cuencas de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali en el Perú (Flores, 1997; Citado por Lujan, 2010)

a. Nomenclatura botánica

CARLOS LINNEO, 1781; clasifica su taxonomía del Aguaje *(Mauritia flexuosa)* de la siguiente manera:

Reino	**:** Vegetal
División	**:** Magnoliophyta
Clase	**:** Liliopsida
Orden	**:** Arecales
Familia	**:** Arecaceae
Sub Familia	**:** Calamaoideae
Tribu	**:** Lepidocaryeae
Género	**:** Mauritia
Especie	**:** Mauritia flexuosa L.f.
Nombre científico	: *Mauritia flexuosa L. F.*
Nombre Común	**:** Aguaje

b. Descripción botánica

Según Gonzales (2005), el aguaje presenta las siguientes características botánicas.

Estípite.

El estípite solitario, inerme erecto de hasta 40 m, de altura y 30 a 60 cm., de diámetro, con una masa de raíces en la base y con pocas hojas muertas y colgadas. Hojas palmadas de 8 a 20 dispuestas en espiral, vaina abierta con una capa fibrosa, pecíolo de 1.6 a 4 m, de longitud, lamina cerca de 2.5 m, de longitud y 4.5 m, total, separados en cerca de 200 foliolos pendulados que miden de 4 a 5 cm, de ancho.

Inflorescencia.

La inflorescencia es interfoliar, pendulada, pedúnculo de 0.7 a 0.9 m, de longitud, raquis de 1.4 a 2.4 de longitud con vainas bracteales, con 18 a 46 raquilas de 70 a 119 cm, de longitud. Flores simples, flores estaminadas densamente coronados en la raquila de 1.1 cm, de longitud, sépalos de 3.5 a 4.5 cm, de longitud, pétalos lanceolados de 1 a 11 cm, de longitud. Flores pistiladas de 8 mm, de longitud, sépalos de 8 mm, longitud.

Fruto.

El fruto es una drupa, oblongos o elipsoides hasta 7 cm, de longitud y 5 cm, de diámetro, el peso varía 40 a 80 g., el epicarpio es escamoso de color pardo a rojo oscuro, el mesocarpio suave, amiláceo y aceitoso, de color amarillo, anaranjado rojizo, generalmente con una semilla.

c. Composición física y química del aguaje

El aguaje tiene potencial como fuente de vitamina A en la Amazonía. La composición promedio en base a 100 g de peso seco es de 23 a 30% de exocarpio, 10 a 21% de mesocarpio, 12 a 20% de endocarpio y 40 a 44% de endosperma.

En el Cuadro 1, se muestra la composición química del aguaje por cada 100 g de parte comestible. (Friendly 2010).

Cuadro 1. composición química del aguaje por cada 100 g

Componentes	Unidad	Fresco	Seco
Agua	%	53 – 71	72,8
Calorías	Cal	123 – 283	265
Proteínas	G	2,3 – 2,5	3
Grasas	G	25 – 31	10,5
Fibra	G	10 – 23	11,4
Ceniza	G	0,9 – 2,4	
Calcio	Mg	74 – 158	1,2
Fósforo	Mg	27 – 44	
Hierro	Mg	0,5	
Tiamina	Mg	0,1	
Riboflavina	Mg	0,17	
Niacina	Mg	0,3	
Vitamina C	Mg	50 – 52	
Vitamina A	Mg	4,6 – 30	
Extracto S/N	G		12,5

***FUENTE**: Friendly (2010)*.

d. Conservación y valor nutricional

Los frutos del aguaje son perecibles, cuando están maduros, después de la cosecha pueden conservarse sin deterioro hasta 7 días. El mesocarpo preparado en pasta puede conservarse en refrigeración o congelamiento; puede también deshidratarse y reconstituirse en bebidas.

La pulpa del aguaje, es el alimento más nutritivo de los frutos del trópico, en la tecnología de los alimentos el término secado se refiere a la desecación natural, como la que se obtiene exponiendo la fruta a la acción del sol, y el de deshidratación designa el secado por medios artificiales, como una corriente de aire caliente, (Lujan, 2010).

Para la pulpa de aguaje la eliminación de agua alcanza 53.6% de agua de muestra fresca, conservando mayor cantidad de β-caroteno 1062 mg/100g vitamina A natural cinco veces más que la zanahoria, siendo el cuadro 2, la que presenta la composición de carotenos y tocoferoles de los morfotipos de aguaje. Color, Amarillo y Shambo, (Vásquez, 2008; citado por Lujan, 2010).

Cuadro 2. Concentración de caroteno y α- tocoferol de los morfotipos

Morfotipos	Caroteno (mg/100g)	α- tocoferol (mg/L)
Color	26,4	685,81
Amarillo	34,2	677,58
Shambo	28,4	683,35

***FUENTE**: Vásquez citado por Lujan (2010).*

En el Cuadro 3, se muestra el valor nutricional de minerales que se encuentran presentes en tres morfotipos de la pulpa fresca de aguaje, obtenidas por (Vásquez, 2008; citado por Lujan, 2010)

Cuadro 3. Valor nutricional de minerales encontrados en tres morfotipos.

MINERALES	AMARILLO mg/100g	COLOR mg/100g	SHAMBO mg/100g
Zn	0,58	0,70	0,90
Ca	137,79	89,14	132,49
Cu	0,28	0,69	0,43
Na	8,18	9,20	20,76
Mg	44,12	44,08	98,61
Mn	10,96	7,72	6,62
K	390,36	312,31	660,81
Fe	1,18	0,55	0,83

***FUENTE**: Vásquez citado por Lujan (2010).*

e. Principales usos

Entre los aspectos de agroindustrialización en pequeña escala (Villachica, 1996; citado por Martiarena, 2008), se menciona la utilización del aguaje por parte de la industria casera en la elaboración de refrescos, helados y bebidas fermentadas. Este estudio también sugiere que es posible preparar mucilago de aguaje, el cual podría ser usado como espesante en la industria de alimentos y para la fabricación de jaleas, recomendando mejoras en aspectos claves de esta industria como: identificación del momento y método de cosecha, despulpado, refinado, y conservación de la pulpa (Martiarena, 2008)

El uso principal del fruto es en alimentación directa humana. El fruto maduro se ablanda en agua limpia a una temperatura de 60°C durante un lapso de 4 a 6 horas aproximadamente, las escamas se eliminan y se extrae el mesocarpo. Las bebidas de aguaje se preparan diluyendo el mesocarpo, en agua con azúcar o sometiendo a fermentación; el mesocarpo también puede deshidratarse y reconstituirse para bebidas. El consumo tradicional del aguaje, es masticando directamente el mesocarpo del fruto. Otros productos que se obtienen del mesocarpo son harinas y aceite (Lujan, 2010).

2.2.2. Carotenoides

Los pigmentos carotenoides constituyen un grupo de compuestos ubicados en la naturaleza que realizan una serie de funciones que los hacen especiales. Así, son considerados compuestos indispensables para la vida, fundamentalmente debido a las diferentes funciones que llevan a cabo en relación con la fotosíntesis tal y como se conoce hoy en día. Durante muchos años, la importancia nutricional de los carotenoides se debió a que algunos de ellos poseen actividad pro vitamínica A, si bien el que el interés por estos isoprenoides se haya multiplicado en los últimos años se ha debido a una gran variedad de estudios que parecen indicar que actúan como antioxidantes y que podrían ser beneficiosos para la prevención de diversas enfermedades crónicas humanas no transmisibles, si bien existe todavía cierta controversia al respecto. En cualquier caso, las funciones y efectos debidos a estos pigmentos se deben a sus propiedades físico-químicas y que éstas a su vez son consecuencia de su estructura química (Meléndez *et al*., 2004).

La provitamina A más importante es el β caroteno tanto respecto a su bioactividad como a su amplia ocurrencia. Estructuralmente, la vitamina A es la mitad de la molécula de β- caroteno con una molécula adicional de agua en el extremo de la cadena lateral. Así, el β- caroteno es una fuente importante de provitamina A, a la cual se le asigna un 100% de actividad. Además este caroteno cumple diversas funciones en el organismo como aumento del sistema inmune, disminución del riesgo de enfermedades degenerativas tales como envejecimiento celular, cáncer, enfermedad cardiovascular, arteriosclerosis, degeneración macular relacionada a la edad y formación de cataratas. Esto se debe a la propiedad antioxidante del β-carotenos, por la cual desactiva los radicales libres y atrapa los oxígenos singletes que provocan los efectos adversos mencionados previamente (Astorg, 1997; Clevidence *et al*, 2000; Rodríguez D, 2001; Bramley, 2003; Southon y Faulks, 2003; citados por Zaccari *et al.,* 2007).

a. Estabilidad de carotenoides

Los carotenoides son pigmentos estables en su ambiente natural, pero cuando los alimentos se calientan, o cuando son extraídos en disolución en aceites o en disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles. Así, se ha comprobado que los procesos de oxidación son más acusados cuando se pierde la integridad celular, de forma que en alimentos vegetales triturados, la pérdida de compartimentación celular pone en contacto sustancias que pueden modificar estructuralmente, e incluso destruir los pigmentos. No todos los tipos de cocinado afectan en la misma medida a los carotenoides.

El escaldado industrial de los alimentos puede producir pérdidas de carotenoides, si bien la inactivación enzimática que produce previene pérdidas posteriores durante el procesado y almacenamiento. En cambio, la congelación, la adición de antioxidantes y la exclusión del oxígeno (vacío, envases impermeables al oxígeno, atmósfera inerte) disminuyen las pérdidas durante el procesado y almacenamiento de los alimentos.

La destrucción de estos pigmentos reduce el valor nutritivo de los alimentos e induce una decoloración y una pérdida de sus características organolépticas. El grado de decoloración va a depender fundamentalmente de la presencia de agentes oxidantes en el medio (sobre todo oxígeno molecular) y de que se comunique energía suficiente para que la reacción de degradación tenga lugar.
La reacción de decoloración supone la pérdida de conjugación de la molécula y, en principio, no tiene por qué implicar la rotura del esqueleto hidrocarbonado, por lo que cualquier factor capaz de interrumpir la deslocalización electrónica existente, podría producir pérdida de color.

En resumen puede decirse que los factores que influyen en la degradación de carotenoides en sistemas modelo son varios, como por ejemplo estructura del carotenoide, exposición a la luz, actividad de agua, temperatura, presencia de oxidantes o antioxidantes, presencia de sulfitos (Antonio *et al., 2004*).

b. Efecto de la oxidación

La degradación de los carotenoides se debe fundamentalmente a reacciones de oxidación, ya sean no enzimáticas o debidas a enzimas como las lipoxigenasas, y se presenta generalmente durante el secado de frutas y vegetales. Los primeros datos que existen sobre oxidación de carotenoides son los de Cole y Kapur, quienes conjugan los variables oxígeno y temperatura en la degradación del licopeno. La interacción de los carotenoides con algunos constituyentes de los alimentos ejerce un efecto protector contra dichas

reacciones, de tal forma que se oxidan más rápidamente cuando se extraen del fruto o se purifican. Al igual que con los lípidos, la oxidación de los carotenoides se acelera por la temperatura, la presencia de metales, luz y enzimas y se reduce por la adición de antioxidantes. Los alimentos que contienen antioxidantes, como tocoferoles o vitamina C, conservan mejor los carotenoides y por tanto, su color (Meléndez *et al., 2004*).

c. Efecto de la temperatura

La influencia de la temperatura en la estabilidad de los pigmentos es clara; tanto para reacciones anhidras como hidratadas, siempre actúa como acelerador de la reacción de degradación. Por lo general, los carotenos con mayor actividad biológica son aquellos que tienen todos sus dobles enlaces en forma del isómero *trans*, que se transforman parcialmente en la forma *cis* durante tratamientos térmicos en ausencia de oxígeno; esta reacción de isomerización se puede efectuar durante el proceso de esterilización de productos enlatados, con lo que se pierde parte del poder vitamínico de los carotenos.

Estudios recientes revelan que la degradación del b -caroteno y licopeno debido a diferentes condiciones de calentamiento sigue una cinética de primer orden. En uno de estos estudios se evaluó el efecto del calentamiento de una disolución de b -caroteno-todo-*trans* en horno (50, 100, 125 y 150°C) y a reflujo (70°C), comprobándose que, en el caso del tratamiento térmico en horno, los isómeros formados mayoritarios fueron 13-*cis*-*b* -caroteno y 13,15-di-*cis*-b -caroteno, mientras que como consecuencia del calentamiento a reflujo, se favorecía la formación de 13-*cis*-*b* -caroteno. Asimismo, se ha comprobado que el calentamiento del b -caroteno a diferentes temperaturas (60 y 120°C) en sistemas modelo de lípidos con distinto grado de insaturación, conduce a la aparición de cuatro isómeros *cis* (9-*cis*-, 13-*cis*-, 15-*cis*- y 13,15-di-*cis*-b -caroteno). En cuanto al α -caroteno, parece ser que su degradación como consecuencia de la acción de la luz o el calor, sigue también una cinética de primer orden.

El calentamiento del todo-*trans*-b -caroteno a 50°C o 100°C durante media hora no produce grandes pérdidas, si bien cuando la temperatura es de 150°C las pérdidas si son notorias, habiéndose comprobado que los fenómenos de termoisomerización y fotoisomerización son más acusados en el a -caroteno que en el b -caroteno . Con respecto al licopeno, un estudio reciente ha puesto de manifiesto que como consecuencia del calentamiento de disoluciones

modelo de este pigmento a 50, 100 y 150°C se forman hasta seis isómeros distintos: dos di-*cis*-isómeros, 5-*cis*, 9- *cis,* 13- *cis* y 15- *cis*-licopeno (Meléndez *et al., 2004*).

d. Efecto del pH

Aunque los carotenoides extraídos o no son relativamente resistente a valores de pH extremos, los ácidos y álcalis pueden provocar isomerizaciones *cis/trans* de ciertos dobles enlaces, reagrupamientos y desesterificaciones, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de manipularlos en laboratorio con fines analíticos. Así, por ejemplo, algunas xantofilas como fucoxantina y astaxantina, son excepcionalmente lábiles al medio alcalino, de ahí que a la hora de analizar fuentes naturales de estos carotenoides se recomiende no saponificar el extracto de pigmentos.

Los epoxicarotenoides son muy inestables en medio ácido, lo cual tiene una gran importancia debido a la acidez inherente de algunos alimentos en particular. Este hecho es conocido tanto en la elaboración de zumos como en vegetales fermentados, donde las condiciones ácidas del proceso promueven algunas conversiones espontáneas de los grupos 5,6 y 5',6'-epóxidos a 5,8 y 5',8'-furanoides. En un reciente estudio se ha sugerido que el importante cambio en el perfil de carotenoides del mango como consecuencia del procesado, puede ser debido a estas reacciones. En este estudio se observó que mientras que en la fruta fresca el principal carotenoide era violaxantina, en el producto procesado como zumo dicho carotenoide no se detectaba, aunque sí era apreciable la cantidad de auroxantina, no presente en la fruta fresca. Este hecho podría explicarse como consecuencia de la conversión de los grupos 5,6-epóxido de la violaxantina en 5,8-furanoides de la auroxantina, posiblemente debido a la liberación de ácidos orgánicos del mango durante el procesado industrial (Meléndez *et al., 2004*).

2.2.3. Secado de frutas

La deshidratación es un método de estabilización de alimentos que se basa en la reducción de la actividad del agua (a_w) para disminuir la velocidad de los procesos de deterioro a los que se ve sometido un alimento. Se distingue muy claramente de la concentración o evaporación porque, aunque ambas operaciones se basan en disminuir la actividad del agua, la concentración o evaporación da productos líquidos, que aun contienen cantidades del orden de hasta el 50% en agua. Los productos de la deshidratación son sólidos con un contenido en agua inferior al 10%, (Tecnología de los Alimentos).

Los alimentos deshidratados se preservan debido a que su actividad de agua está a un nivel donde no puede ocurrir actividad microbiológica y donde las velocidades de reacción química y bioquímica se reducen al mínimo (Toledo, 1991; citado por Guerrero y Ureña, 2005).

A las temperaturas usuales que permiten el crecimiento microbiano la mayoría de las bacterias requieren una actividad de agua (a_w) en el rango de alrededor de 0,9 a 1,0. Entre las bacterias más peligrosas se cuentan: staphylococcus aureus (se inhibe con a_w 0,85), clostridium perfigens, bacillus cereus, clostridium botilinium (se inhibe con a_w 0,95). Algunas levaduras y mohos crecen en una a_w de hasta 0,65, pero el crecimiento de la mayoría de estos se detiene con una a_w de 0,7 a 0,75. El nivel menor para el crecimiento microbiano es de 0,6. En el estrecho margen entre a_w 1 y a_w 0,6 una gran variedad de microorganismos que son potencialmente peligrosos puede crecer. Como resultado de ello, las agencias reguladoras de muchos países están comenzando a definir los estándares de a_w para alimentos procesados. (Valdés, 2008).

Los secadores más comúnmente usados para deshidratar por aire caliente son los de bandeja o compartimientos. En los secadores de bandejas o compartimientos el aire caliente circula sobre el material húmedo hasta que este alcanza el contenido final de humedad requerido. El método para soportar el sólido húmedo depende de su forma material. En este tipo de secadores, convienen velocidades de aire de 120 a 300 m/min (2 a 5 m/s), para mejorar el coeficiente de transmisión superficial de calor (Perry, 1966; citado por Guerrero y Ureña, 2005).

2.3. Definición de términos básicos

Aguaje: El aguaje es una palmera dioica, es decir tiene árboles masculinos y femeninos, siendo estos últimos los únicos que producen frutos. Su altura promedio es de 25 metros, pero puede llegar a medir hasta 35 metros de altura, creciendo en promedio un metro por año. Es de fácil reproducción y posee una gran capacidad de regeneración natural.

Mesocarpio: Es la parte de la fruta que se consume normalmente y es resultado de la transformación de la pared ovárica de la flor, por lo que normalmente envuelve al endocarpio que a su vez envuelve a las semillas. Se suele llamar pulpa, aunque el nombre técnico para un mesocarpio carnoso es sarcocarpio.

Secado: El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo.

Inmersión: Acción de introducir una materia sólida en un líquido.

Ácido Cítrico: Es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria. Se obtiene por fermentación de distintas materia primas, especialmente la melaza de caña de azúcar. El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja

Degradación: Destrucción o alteración de las propiedades de un material.

Concentración: Es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores.

Carotenoides: Los carotenoides son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras, debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente total o principalmente en una cadena de dobles enlaces conjugados.

III. MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

La experimentación del trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de Postcosecha de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, y en los laboratorios de Ingeniería de Alimento y Análisis de alimentos de la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional agraria de la Selva.

3.1.2. Descripción del área de estudio

La investigación, de acuerdo al diseño del mismo, se muestra de tipo experimental, y según el énfasis de la naturaleza de los datos manejados (concentración de ácido cítrico y temperatura de secado) se define como cuantitativa.

3.2. Identificación y descripción del material experimental

3.2.1. Materiales

Material biológico: Se utilizó frutos maduros de aguaje *(Mauritia flexuosa)* de morfotipo: Amarillo. Los frutos maduros (coloración amarillo) presentan características fisicoquímicas y sensoriales excelentes. Fueron adquiridos del mercado informal Bellavista, y trasladados a los laboratorios de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA); la pulpa obtenida y mezclada con ácido cítrico en distintas concentraciones se trasladó a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Materiales de laboratorio: Vaso de precipitado, probeta graduada, bagueta, cuchillos y cucharas de acero inoxidable, luna de reloj, placas petri.

3.2.2. Reactivos y equipos

Reactivos de laboratorio: L (+) ácido ascórbico puro, 2,6 diclorofenol – indofenol, agua destilada-desionizada.

*Equipos de laboratorio: E*spectrofotómetro Thermo Scientific Genesis 10S UV-VIS, Vortex, Congelador FFV-2065FW (Frigidaire, USA), homogeneizador modelo Vortex GENIE-2 (Scientific industrias SITM, centrífuga modelo MIKRO 22R (Hettich), secador de estufa con control de temperatura.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

Concentración de ácido cítrico: 0,0%; 0,50%; 1,00%; 1,50% y 2,0% p/v

Temperatura de secado: 40, 50 y 60°C

3.3.2. Variable dependiente

Degradación de carotenoides (cuantificación)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Se consideró como población para el presente estudio, la producción de aguaje del caserío Abujao, distrito Callería, provincia de Coronel Portillo, en dicho lugar, el aguaje es recolectado por los comuneros, los cuales son comprados y distribuidos a los distintos mercados de Pucallpa, siendo uno de ellos el mercado "Bellavista".

3.4.2. Muestra

La muestra por tratamiento considerada en el estudio fue de un saco de aguaje, equivalente a 50 kg de fruto. El muestreo fue no probabilístico (intencional o por criterio), y se consideraron parte de la muestra el aguaje de morfotipo amarillo, con características lo más homogéneamente posibles.

3.5. Tratamientos

Se ha estudiado los factores:
Concentración de ácido cítrico, con cinco niveles (0,0%; 0,5%; 1.0%; 1,5% y 2,0% p/v)
Temperatura, con tres niveles (40, 50 y 60°C).

Por tanto se definió un diseño DCA con arreglo factorial 5 X 3, con tres repeticiones.

3.6. Recolección de datos

3.6.1. Caracterización de materia prima

a. Preparación de la muestra y análisis fisicoquímico:

El transporte al laboratorio se efectuó en cajas plásticas acondicionadas. Se lavaron con agua corriente, con la finalidad de eliminar impurezas o contaminantes, posteriormente se secaron con papel absorbente.

Los frutos se procesaron con la finalidad de extraer el mesocarpio para ello se sometió al tratamiento de térmico (maduración), el cual consistió en sumergir los frutos completamente en agua limpia a una temperatura de 60°C durante un lapso de 4 a 6 horas, la pulpa será extraída manualmente (recomendado por Sotero, 2013). Posteriormente se evaluó los parámetros fisicoquímicos:

- Humedad: Pericarpios previamente removidos de la pulpa, método 931.04 AOAC (1997).
- pH: método 970.21 (AOAC. 1997).
- Acidez titulable: método 942.15 AOAC. (1997).

b. Cuantificación de carotenoides:

La determinación de carotenos presente en el mesocarpio de la muestra, se realizaron según metodología de Espectrofotometría UV Visible.

3.6.2. Determinación del efecto de la concentración de ácido cítrico

a. Preparación de la solución:

Se preparó soluciones de ácido cítrico a las concentraciones de 0,0; 0,50; 1,00; 1,50 y 2,00 % (p/v), para ello se utilizó ácido cítrico comercial y agua destilada.

b. Mezclado de las muestras en la solución

Se pesaron 10 g de muestra previamente acondicionadas (peladas, pulpeadas), se mezclaron con 5ml de solución de ácido cítrico en placas petri por un tiempo de 30 minutos.

3.6.3. Determinación de la temperatura de secado

Las muestras, se sometieron a secado en una estufa, donde varió únicamente la temperatura del mismo, teniendo niveles de 40, 50 y 60 °C para cada tratamiento. La concentración de carotenos se obtuvo, al final por cada experimento.

3.6.4. Flujo del proceso ejecutado en la investigación

Comprende las siguientes etapas: materia prima, selección - clasificación, acondicionamiento, mezclado, secado y almacenado, en la Figura 1, se muestran los pasos a seguir.

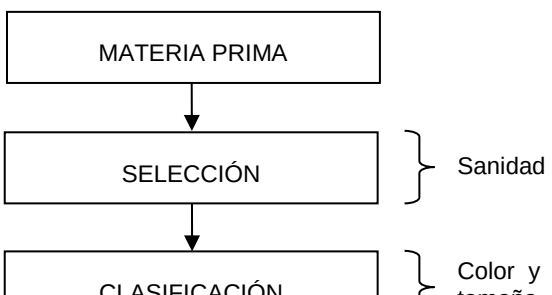


Figura 1: Diagrama de flujo planteado en la ejecución de la investigación
FUENTE: Elaboración propia.

Selección / Clasificación

Se seleccionó y clasificó los frutos que presentaban la misma forma y la misma coloración para uniformizar el grado de madurez, seguidamente se lavó en agua corriente con hipoclorito de sodio, enjuagando luego los frutos en agua corriente.

Acondicionamiento

Los frutos fueron pelados manualmente, luego de realizó la separación de la pulpa y semilla obteniendo una masa homogénea.

Mezclado

Se mezclaron las muestras previamente acondicionadas (peladas, pulpeadas), en solución de ácido cítrico en sus distintas concentraciones.

Secado

Las distintas mezclas de pulpa de aguaje y ácido cítrico se sometieron a secado a distintas temperaturas (40,50, 60) ºC.

3.6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La evaluación de la degradación de carotenos se realizó mediante espectrofotometría. Asimismo, para la recolección de los datos durante el experimento se trabajó en función al Cuadro 4.

Cuadro 4. Técnicas de recolección de datos.

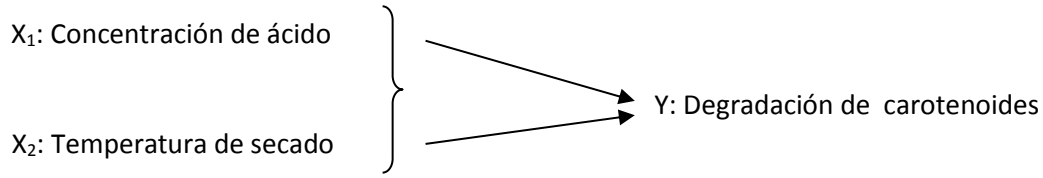
Nº	Actividad	Técnica	Instrumento
01	Humedad	931.04 AOAC (1997).	Balanza analítica
02	Carotenos	Espectrofotometría UV Visible	Espectrofotómetro

FUENTE: *Elaboración Propia*

3.7. Procesamiento de los datos

3.7.1. Diseño experimental

Se trata de una investigación experimental, porque se busca establecer la relación de causa efecto, siendo el diseño:



Se definió un diseño DCA con arreglo factorial 5 X 3, con tres repeticiones. Los factores considerados fueron: tratamientos de inmersión (5 niveles) y temperatura de secado (3 niveles). Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias por el método de mínimas diferencias significativas.

Para el análisis de los tratamientos se efectuó prueba de comparación múltiple de Tukey utilizando la inmersión en agua destilada como testigo de los métodos de extracción.

3.7.2. Técnicas para el procesamiento de los datos

De los datos obtenidos se obtuvo la cantidad de carotenos en el mesocarpio del aguaje de acuerdo a cada tratamiento. Con el cual se determinaron los cambios significativos ($P<0,05$) en el contenido de carotenos de las muestras estudiadas. Para el gráfico y proceso de los datos se empleó MS Excel, STATGRAPHICS Centurion XV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características fisicoquímicas de la pulpa de aguaje

En el Cuadro 5, se representan los resultados de la caracterización de la materia prima para la pulpa de aguaje.

Cuadro 5. Características fisicoquímica de la pulpa de Aguaje.

Muestra	Humedad	pH	Acidez	Grasas	Cenizas
100 g	71,66 %	3,97	8%	7,67%	0,94%

FUENTE: *Elaboración Propia*

Estos valores presentan algunas similitudes con lo reportado por Castro (1993) citado por Guerra *et al*., (2011). Reportó los valores obtenidos de la pulpa del fruto de aguaje (sin indicar la procedencia exacta de los mismos), en donde se reportó 71,8% de humedad, 10,5% de grasa, 0,7% de cenizas, 1,8% de proteínas y 13,6% de carbohidratos totales (de los cuales 11,4% correspondía a contenido de fibra) y un valor de energía de 120 kcal/100g. El alto porcentaje de acidez está en correspondencia con el bajo nivel de pH (3,74), que lo ubica como un alimento ácido, lo que resulta conveniente para su conservación. (Castro 1993; citado por Guerra M. et al., 2011)

4.2. Contenido de carotenoides en la pulpa deshidratada de aguaje

En el Cuadro 6, se presentan los valores obtenidos de contenido en carotenoides totales expresados como mg/100g de muestra, sometidos a diferentes temperaturas (°C) de secado y tratamientos previos con distintos porcentajes de concentración de ácido cítrico.

Entre los resultados destacan que el menor valor corresponde al secado a temperatura 60°C cuyo tratamiento de inmersión fue de 1,5% (p/v), y la máxima concentración correspondió al secado a 40°C tratada previamente en ácido cítrico al 2,0% (p/v).

Cuadro 6. Contenido de carotenoides en el mesocarpio del aguaje sometido a diferentes temperaturas de secado y tratamientos previos con ácido cítrico.

Tratamiento	Ácido Cítrico (%)	Temperatura de Secado (°C)	(mg/100gr) [1]
1	0	40	7,5689 ± 0,0207
6	0	50	7,4612 ± 0,0751
11	0	60	7,4586 ± 0,0741
2	0,5	40	7,8676 ± 0,1464
7	0,5	50	7,0757 ± 0,0689
12	0,5	60	7,4786 ± 0,0364
3	1	40	7,7346 ± 0,0343
8	1	50	7,3749 ± 0,2458
13	1	60	7,4221 ± 0,0213
4	1,5	40	7,7087 ± 0,1201
9	1,5	50	7,6162 ± 0,0138
14	1,5	60	6,5935 ± 0,2764
5	**2**	**40**	**7,9430 ± 0,1372**
10	2	50	7,7454 ± 0,1213
15	2	60	7,8568 ± 0,2088

FUENTE: Elaboración Propia.
[1] Los datos representan la media ± SD, para n=3.

Se puede observar que conforme aumenta la temperatura de secado, hay una degradación en el contenido de carotenoides en la pulpa deshidratada de aguaje. Este comportamiento es similar a lo reportado por Camacho *et al*., (2004), quien señala que el contenido de carotenoides totales en el mesocarpio maduro de la coroba disminuyó significativamente (P<0,05) a temperaturas de secado superiores a 40 °C, por lo que considera este valor de temperatura como el más adecuado para el secado con garantía de una elevada retención de los carotenoides.

En el Cuadro 7, se muestra el análisis de varianza para el contenido de carotenoides en la pulpa deshidratada de aguaje, según los factores en estudio. Considerando el modelo estadístico DCA con arreglo factorial 5x3 con tres repeticiones.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el contenido de carotenoides en el mesocarpio del aguaje

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Modelo [1]	4,9559	14	0,3539	19,72	0.0000
Temperatura	1,3339	2	0,6669	37,15	0.0000
Ácido cítrico	1,4051	4	0,3513	19,57	0.0000
Temperatura/Ácido cítrico	2,2169	8	0,2771	15,44	0.0000
Residuo	0,5385	30	0,0179		
Total (corregido)	5,4944	44			

FUENTE: Elaboración propia.
[1] R^2 = 90,20%

Como el Pv es menor que 0,05; se puede afirmar que: Hay evidencia estadística que la temperatura influye en la concentración de carotenoides (mg/100 g de muestra). Además, hay evidencia estadística que la concentración de ácido cítrico influye en la concentración de carotenoides (mg/100 g de muestra); también la interacción temperatura - concentración de ácido cítrico influye en la concentración de carotenoides (mg/100 g de muestra).

Hernández y Moreno, (2000), al realizar el análisis de varianza determinó diferencias significativas (P<0,05) en el contenido de carotenoides totales entre los tratamientos, que consistió en el acondicionamiento antes del secado, con ácido cítrico en proporciones de 0,50; 1,00 y 2,00 % (p/v) del pericarpio del fruto de *tamarillo.*

En el Cuadro 8, se muestran las comparaciones múltiples para mg por cada 100 g de muestra por Temperatura.

Cuadro 8. Comparaciones múltiples para mg por cada 100 g de muestra por Temperatura.

Temperatura	Cantidad	Contenido de carotenoides (mg/100g)[1]
60°C	15	7,3619 ± 0,0346 [a]
50°C	15	7,4547 ± 0,0346 [a]
40°C	15	7,7646 ± 0,0346 [b]

FUENTE: Elaboración propia.
[1] Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 15.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Para las temperaturas: 50°C y 60°C no presentan diferencias significativas en el contenido de carotenoides. La temperatura de 40°C es diferente a los otros dos y es la que presenta el mayor contenido de carotenoides (7,7646 ± 0,0346). Demostrando que a menor temperatura la concentración de carotenoides es mayor.

La influencia de la temperatura en la estabilidad de los pigmentos es clara; tanto para reacciones anhidras como hidratadas, siempre actúa como acelerador de la reacción de degradación (Meléndez et al., 2004). Estos resultados demuestran que el secado del mesocarpio del Aguaje, llevado a cabo en estufa a 40ºC garantiza la menor pérdida de estos componentes.

En el Cuadro 9, se muestran las comparaciones múltiples para mg por cada 100 g de muestra por Ácido cítrico.

Cuadro 9. Comparaciones Múltiples de Tukey para mg por cada 100 g de muestra por ácido cítrico

Ácido cítrico (%)	Cantidad	Contenido de carotenoides (mg/100g)[1]
1,5	9	7,3061 ± 0,0447 [a]
0,5	9	7,4739 ± 0,0447 [ab]
0,0	9	7,4962 ± 0,0447 [b]
1,0	9	7,5105 ± 0,0447 [b]
2,0	9	7,8484 ± 0,0447 [c]

FUENTE: Elaboración propia.
[1] Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 9.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Se observa que entre las concentraciones de ácido cítrico: 1,5 y 0,5 no hay diferencias significativas, siendo menor el contenido de carotenoides. También entre las concentraciones de ácido cítrico: 0,5; 0,0 y 1,0 no hay diferencias significativas. Sin embargo, la concentración de ácido cítrico: 2,00% es la que presenta mayor contenido de carotenoides (7,8484 ± 0,0447). Sin embargo, Hernández y Moreno, (2000), encontró que la inmersión previa con ácido cítrico al 0,5 - 1% y el secado del pericarpio de tamarillo en estufa con convección forzada, convección libre o secado a temperatura ambiente permitieron la conservación de

los carotenoides totales. Esta diferencia podría deberse al uso del mesocarpio del aguaje como material experimental.

Las Figuras 2 y 3 muestran, la interacción de los factores temperatura – concentración de ácido cítrico, con sus respectivos niveles.

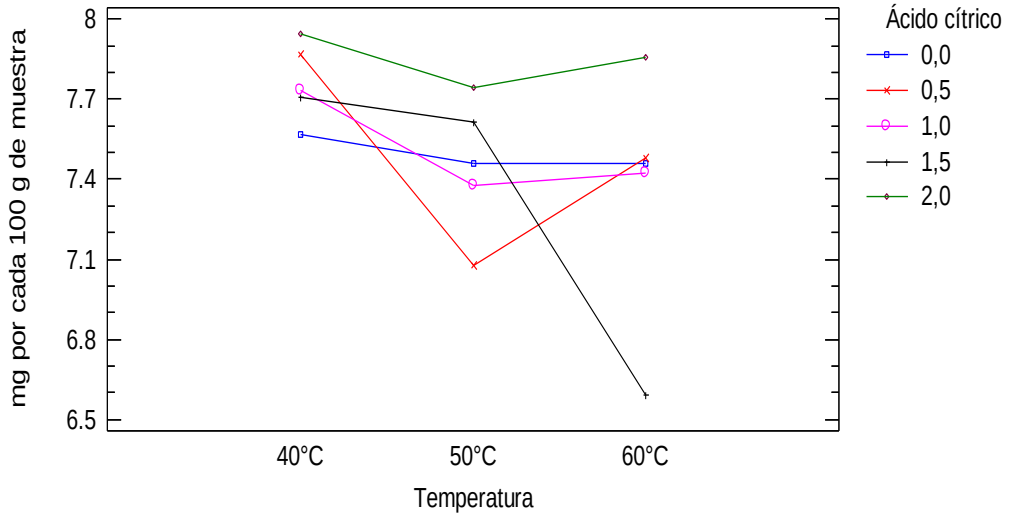


Figura 2. Interacción en función a la temperatura de secado.

Observamos que para la temperatura 40°C no hay diferencias significativas entre las concentraciones de ácido cítrico respecto al contenido de carotenoides. Sin embargo, para la concentración de ácido cítrico de 2,0% hay un mayor contenido de carotenoides.

Para la temperatura 50°C, las concentraciones 0,0 %; 0,5%; 1,0%; 1,5% y 2,0% no se muestran diferencias significativas referidas al contenido de carotenoides. La concentración 2,0 % es la que presenta menor contenido de carotenoides.

Para la temperatura 60°C, la concentración 2,0% es la que presenta mayor contenido de carotenoides. Las concentraciones 0,0 %; 0,5%; 1,0%; no presentan diferencias significativas referidas al contenido de carotenoides. La concentración 1,5% es la que presenta menor contenido de carotenoides.

Con respecto a la metodología de secado, los secados en estufas contribuyen a evitar la oxidación de los pigmentos ya que la desecación se efectúa en un menor tiempo, además otros tipos de procesos de secado están influenciados por la exposición a la luz y a la corriente continua de oxígeno, lo cual origina degradaciones oxidativas (Hernández, 1999; citado por Hernández y Moreno, 2000). Sin embargo considerando estos efectos, los procesos degradativos fueron

minimizados y protegidos por el efecto antioxidante del ácido cítrico. (Park et al., 1989; Bizri y Wahmen, 1994; Dorko, 1994; Cheah y Ledward, 1997; citados por Hernández y Moreno, 2000).

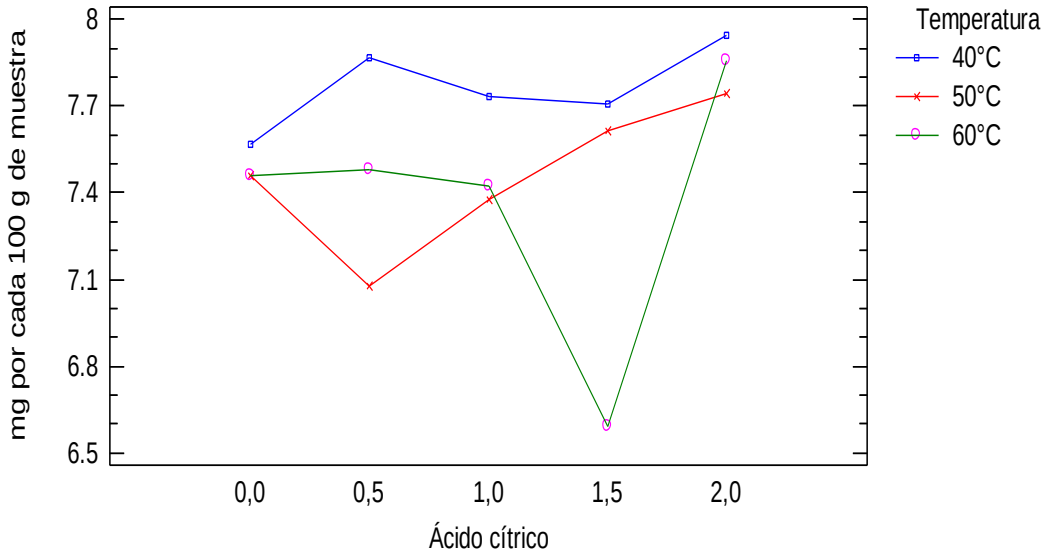


Figura 3. Interacción en función a los tratamientos con ácido cítrico.

En la Figura 3, se observa que para la concentración 0,0% no hay diferencias significativas entre las temperaturas de secado: 40°C; 50°C y 60°C respecto al contenido de carotenoides; sin embargo, a 40°C la pulpa de aguaje deshidratada presentó mayor contenido de carotenoides.

Para la concentración 0,5% las temperaturas 40°C, 50°C y 60°C presentan diferencias significativas referidas al contenido de carotenoides, siendo el mayor para la temperatura de 40°C y menor para 50°C.

Para la concentración 1,0% las temperaturas 50°C y 60°C no presentan diferencias significativas referidas al contenido de carotenoides, siendo mayor para la temperatura de 40°C.

Para la concentración 1,5% las temperaturas 40°C y 50°C no presentan diferencias significativas referidas al contenido de carotenoides, siendo menor para la temperatura de 60°C.

Para la concentración 2,0% las temperaturas 40°C, 50°C y 60°C no presentan diferencias significativas referidas al contenido de carotenoides. Sin embargo, para la temperatura de 40°C el contenido de carotenoides de la pulpa de aguaje deshidratada es ligeramente mayor.

En el cuadro 10, se muestra el resumen estadístico del contenido de carotenoides de la pulpa de aguaje deshidratada por tratamiento.

Cuadro 10. Resumen estadístico para mg por cada 100 g de muestra

Tratamiento	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Error Estándar
T01	3	7,5689	0.0004	0.0207	0.2739%	0.0119
T02	3	7,8676	0,0215	0,1465	1,8618%	0,0846
T03	3	7,7346	0,0011	0,0343	0,4433%	0,0198
T04	3	7,7087	0,0144	0,1202	1,5586%	0,0694
T05	3	7,9430	0,0188	0,1372	1,7268%	0,0792
T06	3	7,4612	0,0056	0,0751	1,0062%	0,0433
T07	3	7,0757	0,0047	0,0689	0,9733%	0,0398
T08	3	7,3748	0,0603	0,2458	3,3323%	0,1418
T09	3	7,6162	0,0002	0,0138	0,1818%	0,0079
T10	3	7,7454	0,0147	0,1213	1,5660%	0,0700
T11	3	7,4585	0,0055	0,0741	0,9935%	0,0428
T12	3	7,4786	0,0013	0,0364	0,4872%	0,0210
T13	3	7,4221	0,0004	0,0213	0,2864%	0,0123
T14	3	6,5934	0,0764	0,2764	4,1919%	0,1596
T15	3	7,8567	0,0436	0,2088	2,6581%	0,1206
Total	45	7,5270	0,1249	0,3534	4,6948%	0,0527

FUENTE: Elaboración propia.

Se observa que el coeficiente de variación es menor a 5%, lo que demuestra que las muestras de pulpa de aguaje utilizado en la investigación fueron relativamente homogéneas

En el cuadro 11, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) considerando los tratamientos (Temperatura – Concentración de ácido cítrico)

Cuadro 11. ANOVA para mg por cada 100 g de muestra por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Tratamiento	4,9559	14	0,3539	19,72	0,0000
Error	0,5385	30	0.0179		
Total	5,4945	44			

FUENTE: Elaboración propia.

Se observa que los tratamientos ejercen un efecto significativo en el contenido de carotenoides totales de la pulpa de aguaje deshidratada.

En el cuadro 12, se muestra la comparación múltiple de Tukey para el contenido de carotenoides de la pulpa de aguaje deshidratada por tratamiento.

Cuadro 12. Pruebas de Múltiple Rangos para mg por cada 100 g de muestra por Tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media[1]
T14	3	6,5935 ± 0,2764 [a]
T07	3	7,0757 ± 0,0689 [b]
T08	3	7,3749 ± 0,2458 [b, c]
T13	3	7,4221 ± 0,0213 [b, c]
T11	3	7,4586 ± 0,0741 [b, c, d]
T06	3	7,4612 ± 0,0751 [b, c, d]
T12	3	7,4786 ± 0,0364 [b, c, d, e]
T01	3	7,5689 ± 0.0207 [c, d, e, f]
T09	3	7,6162 ± 0,0138 [c, d, e, f]
T04	3	7,7087 ± 0,1201 [c, d, e, f]
T03	3	7,7346 ± 0,0343 [c, d, e, f]
T10	3	7,7454 ± 0,1213 [c, d, e, f]
T15	3	7,8568 ± 0,2088 [d, e, f]
T02	3	7,8676 ± 0,1464 [e, f]
T05	3	7,9430 ± 0,1372 [f]

FUENTE: Elaboración propia.
[1] Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa

En el cuadro 12 y la Figura 4, ponen de manifiesto la diferencia entre los tratamientos, se formaron seis grupos (a, b, c, d, e y f).

El tratamiento que reporta el menor tratamiento es el T14: 60°C – 1,5% de ácido cítrico.

Sin embargo, el tratamiento que reporta el mayor contenido de carotenoides es el tratamiento T05: 40°C – 2,0% de ácido cítrico.

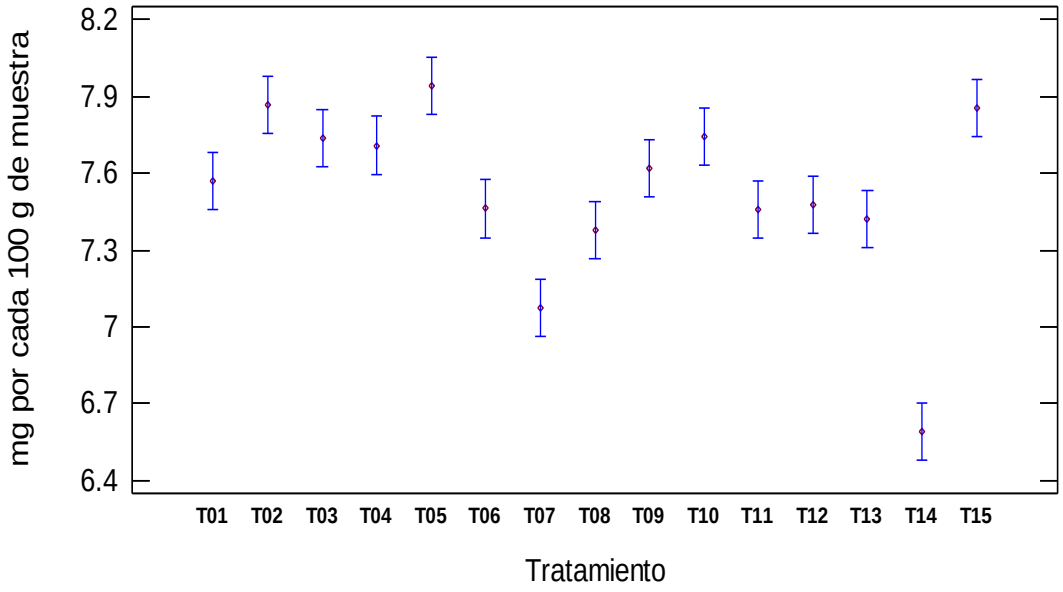


Figura 04: Cantidad de Carotenos por 100g de muestra a partir de los tramientos.

Con respecto al uso de ácido cítrico, algunos autores han descrito que el ácido cítrico puede inhibir los procesos respiratorios (Kato-Nouguchi y Watada, 1997), disminuir los efectos de pérdidas de color (Sapers y Miller, 1995), favorecer efectos sinergísticos con otras moléculas evitando la oxidación (Rho y Seib, 1990; Ochi et al., 1997) e inhibir el crecimiento de microorganismos aerobicos (Bizri y Wahen, 1994; citados por Hernández y Moreno, 2000).

El efecto de acidificación sobre la retención de β-caroteno, es mencionado por Chen et al., 1995, quienes estudiaron el efecto de diversos métodos de procesamiento sobre el contenido de α y β-caroteno en el jugo de zanahoria. La más alta destrucción de los carotenos fue en retorta fija a 121°C durante 30 minutos, y la menor con la pasteurización a 105°C durante 25 segundos del jugo acidificado utilizando un sistema de laboratorio.

V. CONCLUSIONES

- Se caracterizó fisicoquímicamente el mesocarpio de aguaje morfotipo Amarillo, cuyos valores muestran un medio ácido y un porcentaje considerable de grasa, siendo factores que contribuyen a la protección natural de los carotenoides presentes.

- Se evaluó el efecto de la temperatura de secado y la inmersión en ácido cítrico sobre la degradación de carotenoides en el mesocarpio de aguaje de morfotipo amarillo; siendo que, las diferencias detectadas en la evaluación por los diferentes tratamientos, revelan que la inmersión previa con ácido cítrico al 2.00% y la desecación en la estufa a 40°C, contribuyen al menor impacto sobre la degradación de carotenoides presentes.

- El contenido de carotenoides totales en el mesocarpio del Aguaje disminuyó significativamente ($P<0,05$) a temperaturas de secado superiores a 40 ºC, por lo que se considera este valor de temperatura como el más adecuado para el secado.

- Los carotenoides del mesocarpio del Aguaje mostraron resistencia a la degradación térmica influenciada por la inmersión en ácido cítrico al 2.0%, la cual sirvió como protector ante la transferencia interna del calor.

- Mediante el análisis de varianza y Tukey se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos y se determina que las concentraciones obtenidas en cada temperatura de secado, está condicionada al tipo de tratamiento con ácido cítrico empleado.

- Se rechaza la hipótesis inicial de la investigación: “La concentración de ácido cítrico (0,5%, 1.0%, 1,5% y 2,0% p/v) y temperatura de secado (40, 50 y 60°C) no ejerce un efecto significativo en la degradación de carotenoides en el mesocarpio de Aguaje morfotipo amarillo.”, ya que se demostró que las dos variables sí ejercen un efecto significativo frente a la concentración final de carotenoides.

VI. RECOMENDACIONES

- Las muestras destinadas al desarrollo de la investigación deben ser lo más homogéneamente posible y ser tratadas en condiciones estándares para evitar excesivas variaciones en los resultados.

- Verificar la calibración de los equipos empleados para lograr la exactitud de los resultados.

- Aplicar los conocimientos generados en la presente investigación para desarrollar nuevas investigaciones o emplearlos en nuevas tecnologías de conservación de frutos en la Postcosecha, de acuerdo a lo concluido, se recomienda el uso previo de soluciones de 2% de ácido cítrico para luego ser sometido al proceso de secado del mesocarpio de aguaje.

- Se determinaron valores de 7,94mg Carotenoides/100g de muestra de mesocarpio seco de aguaje morfotipo “Amarillo”, por lo que se recomienda considerar a este subproducto como una potencial fuente de provitamina A en pulpa deshidratada de Aguaje, que permitiría la utilización de estos en la preparación de diversos derivados agroindustriales. Asimismo los experimentos descritos en esta investigación podrían ser utilizados, para evaluar daños en la post cosecha o en la aplicación de tratamientos térmicos, con mayor confiabilidad técnica.

VII. BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1997. Association of Agricultural Chemistry. Official Methods of Analysis, 17 th Ed. Wash. D.C. U.S.A.

Benavides, D. 1987. Procesamiento del pijuayo (*Guilielma gasipaes*): Deshidratación por flujo de aire caliente. Tesis (Ing. Ind. Alimentarias); 87 p. Consultado el 25 Mayo del 2016. Disponible en: http:// orton.catie.ac.cr /cgu-bin/wxis.exe/?IsisScript=P-M.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresión=mfn=003459.

Camacho, D; Moreno, M; Alemán, R; Álvarez, F. 2004. Efecto de la temperatura de secado sobre la degradación de carotenoides en frutos de coroba (*Jessenia polycarpa karst*) Ciencia y Tecnología Alimentaria. Vol. 4, n° 03, pp. 206-210.

Canto, M; Gonçalves, W; Pereira, R; Simões, B. Teores de carotenóides totais em raízes de híbridos de mandioca amarela. En XI Congreso Brasilero de mandioca. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia. Consultado el 24 de abril 2016. Disponible en: http://www.cpao. embrapa.br/11cbm/_html/trabalhos/arquivoPDF/pasta47b.PDF.

Deshidratación: secado y liofilización. Tecnología de los Alimentos. Consultado el octubre del 2015. Disponible en: http://es.scribd.com/ doc/13186955/Fund-Amen-To-de-Lifilizacion

Del Castillo, D; Otárola, E; Freitas, L. 2006. Aguaje: The Amazing Palm Tree. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). Consultado en diciembre de 2015. Disponible en: http://www.iiap.org.pe/Upload/ Publicacion/ L028.pdf

Gonzales, L; Navarro, D; Vásquez, R. 2002. Deshidratación del *Bactris gasipaes* kunth (pijuayo) por flujo de aire caliente y su empleo como sustituto del maíz en raciones para pollos parrilleros. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. v.2 n° 2 p. 67 – 8. Consultado en octubre de 2015. Disponible en: http://www.una piquitos.edu.pe /links/facultades/alimentarias/v22/6.pdf

Guerra, M; Díaz, X; Madrigal, L; Hidalgo, G. 2011. Caracterización físico-química del fruto de la palma de moriche *(Mauritia flexuosa L.f)* y de harina del tronco. Universidad Simón Bolívar. Dpto. Tecnología de Procesos. Biológicos y Bioquímicos. Dpto.

Tecnología de Servicios. Caracas, Venezuela. Centro Amazónico de Investigación y Control de Enfermedades Tropicales. Puerto Ayacucho, Venezuela.

Guerrero, M; Ureña, M. 2005. Influencia de las condiciones de secado por aire caliente en la variación de la densidad real y la porosidad de rodajas de manzana var. Delicia (*Malus domesticus* BORKH). Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Hernández, G; Moreno, M. 2000. Efecto del secado y del ácido cítrico sobre la degradación de los carotenoides de tamarillo (*Cyphomandra betacea sendt)* Ciencia y Tecnología Alimentaria/vol. 2, n°005. pp. 228-233.

LUTZ, A. 1985. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análisis de alimentos. 2 ed. São Paulo. 1, p. 583.

Lujan, M. 2010. Estabilidad de la pro vitamina a en la pulpa liofilizada de tres morfotipos de aguaje. (*Mauritia flexuosa L.f*). Tesis de Pre grado. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Consultado en Mayo del 2016. Disponible en: http://www. Conconcytec. gob. pe / portalsinacyt / images / stories / corcytecs / Loreto / iiap _ evaluar _ la estabilidad_de_la_pro_vitamina_a_en_la_pulpa_liofilizada.pdf

Martiarena, C; Quispe, D. 2008. Plan de negocio para la exportación de aguaje. Tesis de Magister. Pontificia Universidad Católica del Perú. Consultado en Mayo del 2016. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1623/MARTIARENA_QUISPE_EXPORTACI%C3%93N_%20AGUAJE.pdf?sequence =1

Meléndez, A; Vicario, I; Heredia, F. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. ALAN. 54(2): 209-215. Consultado en 25 Mayo del 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.ve /scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es.

Rodríguez, D. 1999. La Retención de los Carotenoides (Provitamina A) en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados. Departamento de Ciencias de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidad Estadual de Campinas. Consultado en enero de 2017. Disponible en: http://www.inta.cl /latinfoods/texto%20final%20completo%20con%20tapas%20.pdf

Sotero, V; Luján, M; Freitas, L; Merino, C; Dávila, E. 2013. Estabilidad y actividad antioxidante de la pulpa liofilizada de tres morfotipos de aguaje (Mauritia flexuosa L. f.). Rev. Soc. Quím. Perú, vol.79, n.2, pp. 136-143. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000200006&s cript=sci_ arttext.

Valdés, M. 2008. Frutas y Hortalizas. Blog Manual de deshidratación I. Consultado el 27 de Mayo de 2014]. Disponible en: http://manual deshidratacion.blogspot.com/.

Zaccari, F; Galietta, G; Durán, A; Soto, B; Gratadoux, V. Uruguay; 2007. Cuantificación de β-caroteno en zapallos (*Cucurbita sp.*) cultivados en Uruguay. V Congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
¿Cuál es la concentración de ácido cítrico y la temperatura de secado que permitan la mayor retención de carotenoides en el mesocarpio del aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo?	**OBJETIVO GENERAL** Evaluar el efecto de la concentración de ácido cítrico y la temperatura de secado en la degradación de carotenoides en el mesocarpio de aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** • Caracterización fisicoquímica del mesocarpio de aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo. • Determinar el efecto de la concentración de ácido cítrico (0,5%, 1.0%, 1,5% y 2,0% p/v) en la degradación de carotenoides en el mesocarpio de aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)*. morfotipo amarillo • Determinar el efecto de la temperatura de secado (40, 50 y 60°C) en la degradación de carotenoides en el mesocarpio de aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo.	La concentración de ácido cítrico (0,5%, 1.0%, 1,5% y 2,0% p/v) y temperatura de secado (40, 50 y 60°C) no ejerce un efecto significativo en la degradación de carotenoides en el mesocarpo de aguaje (*Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo.	**Variable independiente** **a. Temperatura de Secado** 40°C, 50°C, 60°C **b. Concentración de ácido cítrico** 0,5%, 1.0%, 1,5% y 2,0% p/v **Variable dependiente** Degradación de carotenoides **Modelo estadístico** Corresponde a un DCA con arreglo factorial 4x3 con tres repeticiones. Modelo aditivo lineal $Y_{ij} = U + C_i + T_j + (CxT)_{ixj} + E_{ij}$ Donde: Y_{ij} : Observaciones (carotenoides) **U** : Promedio general (poblacional) C_i : Efecto del factor concentración de ácido cítrico T_j : Efecto de la temperatura de secado. $(CxT)_{ixj}$: Efecto de la interacción E_{ij} : Error experimental.

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de variables

TIPO	VARIABLE	INDICADOR	MEDICION
Variables independientes	Temperatura de secado	• Termómetro (°C): (40, 50 y 60°C)	• Medición del ambiente donde se realiza el secado, a través de un termómetro calibrado
	Concentración de ácido cítrico	• Porcentaje de ácido cítrico (0,5%, 1.0%, 1,5% y 2,0% p/v)	• Balanza analítica: Medición del peso exacto del ácido cítrico. • Pureza del reactivo: cálculo de la porción a añadir, en función a su pureza.
Variables dependiente	Degradación de carotenoides	• Nivel porcentual de degradación del contenido de carotenos en el producto seco con respecto a las muestras iniciales.	• Espectrofotómetro

Anexo 3: Selección y acondicionamiento del fruto de aguaje *(Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo



Foto 01

Aguaje *(Mauritia flexuosa L. f.)* morfotipo amarillo



Foto 02

Maduración en agua a 60º

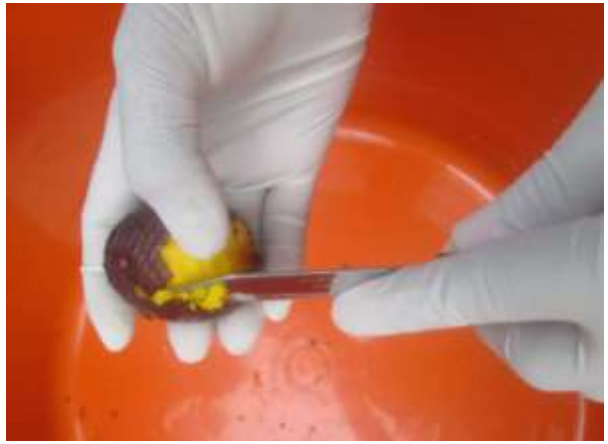


Foto 03

Pelado



Foto 04

Pulpeado

Anexo 4: Inmersión en solución de ácido cítrico a diferentes concentraciones



Foto 05
Pesado de ácido cítrico



Foto 06
Soluciones de ácido cítrico



Foto 07
Mezclado en ácido cítrico



Foto 08
Inmersión en ácido cítrico a diferentes concentraciones