

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EFFECTO DE LA TECNOLOGÍA DE MICROONDAS EN  
LA CONCENTRACIÓN DE ZUMO DE AGUAYMANTO**  
*(Physalis peruviana L.)*

Presentado por

**Br. HEBER ALEX ANDIA SALAZAR**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Presentado por:

**Br. HEBER ALEX ANDIA SALAZAR**

**EFFECTO DE LA TECNOLOGÍA DE MICROONDAS EN  
LA CONCENTRACIÓN DE ZUMO DE AGUAYMANTO**  
*(Physalis peruviana L.)*

Asesor:

M.Sc. THOMAS ANCCO VIZCARRA

Co-Asesor:

M.Sc. JOSÉ MANUEL PRIETO

**ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

**2018**

## DEDICATORIA

### **A Dios.**

*Quien supo guiarme por el buen camino y darme las fuerzas para alcanzar este sueño hoy hecho realidad.*

### **A mis queridos padres.**

*Hilda y Rogelio, Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.*

### **A mis hermanos**

*Por todo la amistad y las locuras en casa y por todo el esfuerzo unido. Esmeralda, Javier, Wilfredo y Elio. Pues junto a ustedes, la tristeza se transforma en alegría y la soledad no existe.*

**Heber.**

## **EPIGRAFE**

*“El futuro tiene muchos nombres.  
Para los débiles es lo inalcanzable.  
Para los temerosos, lo desconocido.  
Para los valientes es la oportunidad.”*

**(Víctor H., 2000)**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater, la Universidad Nacional José María Arguedas – Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), por haberme permitido utilizar los laboratorios, para realizar la presente tesis.

A la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) que me albergó en sus aulas, a los docentes por transmitirme sus conocimientos valiosos durante mi formación profesional.

Al Ing. M.Sc. Thomas Ancco Vizcarra, por su acertada asesoría apoyo incondicional y desinteresado.

Al M.Sc. Manuel Prieto José, co-asesor, de la presente investigación por dedicarme su tiempo y recomendaciones valiosas durante el desarrollo de la Tesis.

A los miembros del jurado evaluador, al M.Sc. Julio C. Sichez Muñoz, Ing. Fredy Taipe Pardo y Ing. Gina G. Toro Rodríguez, por su aporte al desarrollo de la presente tesis.

A mis amigos (as) y compañeros (as) quienes sin dudar me colaboraron en el desarrollo de la tesis.

## INDICE GENERAL

	pág.
DEDICATORIA .....	v
EPÍGRAFE .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ABREVIATURAS Y UNIDADES .....	xiv
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 2 REVISION DE LITERATURA .....	2
2.1. Aguaymanto .....	2
2.1.1. Origen y variedad .....	2
2.1.2. <i>Physalis peruviana</i> L.....	3
2.1.3. Características.....	3
2.1.4. Composición y propiedades nutritivas del aguaymanto .....	4
2.1.5. Beneficio del ácidos ascórbico y compuestos bioactivos .....	5
2.2. Secado por microondas.....	6
2.2.1. Algunas aplicaciones del microondas en la tecnología de alimentos	7
2.2.2. Esterilización con microondas .....	8
2.2.3. Ventajas y desventajas en el uso de microondas en el secado .....	9
2.2.4. Beneficios.....	9
2.2.5. Frecuencia de trabajo de los microondas .....	10
2.3. Color en los alimentos .....	12
2.3.1. El color .....	13
2.3.2. Elementos de la percepción del color .....	14
2.3.2.1. Fuente de luz.....	14
2.3.2.2. Objeto.....	14
2.3.2.3. Observador.....	15
2.3.3. Sistemas de medición de color .....	16
2.3.3.1. Cie L*a*b* .....	17
2.3.3.1.1. CIE 1931.....	20
2.3.3.1.2. Sistema de color Munsell.....	21

2.3.3.3. Hunter Lab.....	21
2.4. Ácido Ascórbico.....	22
2.4.1. Importancia.....	23
2.4.2. Propiedades físicas y químicas .....	24
2.4.2.1. Propiedades del ácido ascórbico ( 25 °C y 100 kpa).....	25
2.5. Maltodextrina.....	25
2.5.1. Características Generales de la maltodextrina .....	26
2.6. pH y acidez.....	26
2.6.1. El pH .....	27
2.6.2. Acidez Titulable .....	27
2.6.3. Indicador.....	28
2.7. Grados Brix .....	28
CAPÍTULO 3 MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	29
3.1. Lugar de Ejecución.....	29
3.1.1. Localidad e institución donde se realizó el proyecto .....	29
3.2. Material de Estudio .....	29
3.2.1. Universo y/o Población .....	29
3.2.2. Muestra .....	29
3.3. Equipos, Materiales y Reactivos e Insumos de Laboratorio .....	30
3.3.1. Equipos.....	30
3.3.2. Materiales .....	30
3.3.3. Reactivos e insumos .....	31
3.4. Metodologías.....	31
3.4.1. Metodología para evaporación del agua del zumo de aguaymanto y cálculo de la velocidad de evaporación. ....	31
3.4.2. Determinación de los grados Brix según el método de la AOAC .....	34
3.4.3. Determinación el contenido de ácido-ascórbico por titulación visual Método del 2-6 diclorofenolindofenol (Loeffler y Pointing, 1942). ....	34
3.4.4. Determinación del color por metodología descrita por Wenceslao <i>et</i> <i>al.</i> , (2012). ....	36
3.4.5. Diseño experimental para la obtención y determinación de la velocidad de concentración en °brix, ácido ascórbico y color.....	37
3.4.5.1. Diseño experimental.....	38
CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	39
4.1. Velocidad de concentración del zumo de aguaymanto. ....	39

4.2. Contenido de ácido-ascórbico .....	43
4.3. Color del zumo de aguaymanto durante el proceso de concentración .....	49
CONCLUSIONES.....	58
ANEXOS .....	68
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA. ....	69
ANEXO 2. RESULTADOS OBTENIDOS .....	73
ANEXO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (DUNCAN) .....	89
ANEXO 4. PANEL DE FOTOGRAFÍAS .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición o contenido nutricional (100 g. de pulpa) .....	5
Tabla 2. Contenido de compuestos bioactivos de ( <b><i>Physalis Peruviana L.</i></b> ) .....	6
Tabla 3. Variación de la concentración del zumo de aguaymanto.....	39
Tabla 4. Velocidades de concentración del zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina .....	40
Tabla 5. Valores Experimentales y estimado de concentración de °Brix .....	41
Tabla 6. Efectos de las variables e interacciones en la concentración del zumo	41
Tabla 7. Comparación múltiple de DUNCAN para ° Brix a diferentes tiempos ...	42
Tabla 8. Comparaciones múltiples de DUNCAN para % de matodextrina .....	42
Tabla 9. Variación del contenido de ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto .....	44
Tabla 10. Velocidades de concentración de ácido ascórbico del zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina.....	45
Tabla 11. Efectos de las variables e interacciones en el contenido de ácido ascórbico del zumo .....	46
Tabla 12. Comparaciones múltiples de Tukey del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto a diferente tiempo de concentraciones .....	48
Tabla 13. Tono y croma o saturación del zumo de aguaymanto ( <b><i>Physalis peruviana L.</i></b> ) con maltodextrina.....	50
Tabla 14. Índice de pardeamiento y relación de a* / b* del zumo a aguaymanto	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Aguaymanto ( <i>Physalis peruviana L.</i> ) .....	2
<b>Figura 2.</b> Fruto de aguaymanto con cáliz.....	4
<b>Figura 3.</b> Corte transversal .....	4
<b>Figura 4.</b> Espectro electromagnético.....	10
<b>Figura 5.</b> Círculo Cromático: a) Tono, b) Saturación, c) Claridad .....	15
<b>Figura 6.</b> Distribución de conos y bastones en la retina .....	16
<b>Figura 7.</b> Modelo CIELAB .....	18
<b>Figura 8.</b> Diagrama de cromaticidad. ....	20
<b>Figura 9.</b> Sistema Munsell.....	21
<b>Figura 10.</b> Escala de color Hunter Lab .....	22
<b>Figura 11.</b> Escala del pH de 0 a 14 .....	27
<b>Figura 12.</b> Flujograma para la evaporación de aguaymanto en microondas.....	33
<b>Figura 13.</b> Diagrama de contrastación y variables.....	38
<b>Figura 14.</b> Variación de la concentración del zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina .....	40
<b>Figura 15.</b> Comportamiento de °Brix frente al % de maltodextrina y tiempo de concentración. ....	43
<b>Figura 16.</b> Variación del contenido de ácido ascórbico en el zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina .....	45
<b>Figura 17.</b> Efecto del tiempo en la concentración del ácido ascórbico.....	46
<b>Figura 18.</b> Interacción de maltodextrina y tiempo en el contenido de ácido ascórbico. ....	47
<b>Figura 19.</b> Comportamiento del contenido de ácido ascórbico frente al % de maltodextrina y tiempo de concentración.....	49
<b>Figura 20.</b> Tono del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina .....	50
<b>Figura 21.</b> Valor del ángulo de tono (Boscarol, 2007). ....	50
<b>Figura 22.</b> Tono del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina .....	51
<b>Figura 23.</b> Tono del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina. ....	51
<b>Figura 24.</b> Croma del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina.....	52
<b>Figura 25.</b> Croma del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina.....	53
<b>Figura 26.</b> Croma del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina.....	53
<b>Figura 27.</b> Índice de color del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina ...	54
<b>Figura 28.</b> Índice de color del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina ...	55

- Figura 29.** Índice de color del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina. ..55
- Figura 30.** Relación  $a^*/b^*$  del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina...56
- Figura 31.** Relación  $a^*/b^*$  del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina...56
- Figura 32.** Relación  $a^*/b^*$  del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina...57

## ABREVIATURAS Y UNIDADES

RF	: Radio frecuencia.
mm.	: Milímetros.
$\rho$	: Densidad.
Cp	: Calor específico.
T	: Temperatura.
t	: Tiempo.
K	: Conductividad térmica de alimento.
Q	: Calor generado por el microondas.
MHz	: Megahercio.
kW	: Kilovatios.
$\epsilon_r$	: Permisividad relativa compleja.
$\epsilon'$	: Constante dieléctrica.
H <sub>2</sub>	: Hidrogeno.
H <sub>2</sub> O	: Agua.
CO <sub>2</sub>	: Dióxido de carbono.
C*	: Croma.
h*	: Tono.
IC*	: Índice de color.
ANOVA	: Análisis de varianza.
CIELAB	: Sistema de CIE L* a* b*
L* a* b*	: Coordenadas de color CIELAB.
L*	: Luminosidad.
a*	: Parámetro de color de rojo a verde.
b*	: Parámetro de color de amarillo a azul.
IB	: Índice de pardeamiento.
mg.	: Miligramos.
pH	: Potencial de hidrogeno.
NaOH	: Hidróxido de sodio.
C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	: Fenoltaleína.
°Brix	: Coeficiente total de azúcar presente.
L.	: Litro.
°C	: Grados centígrados.
min	: Minutos

ml. : Mililitros.  
ppm. : Partes por millón.  
% : Porcentaje.  
DCA : Diseño completamente al azar.  
nm. : Nanómetros.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Ascorbato:** Sal sódica del ácido ascórbico (vitamina C) y de fórmula  $C_6H_7NaO_6$ . Se emplea en la industria alimentaria por sus funciones antisépticas, antioxidantes, y conservantes.
- **Ácido ascórbico:** Cristal incoloro, inodoro, sólido, soluble en agua, con un sabor ácido. Es un ácido orgánico, con propiedades antioxidantes, proveniente de frutas cítricas y berrys.
- **Compuestos bioactivos:** Son componentes que tienen una actividad biológica dentro del organismo, que se traduce en beneficios para la salud.
- **Concentración:** Solución que hay entre la relación de cantidad de soluto y la cantidad de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores.
- **Consistencia:** Genéricamente se asocia a la solidez de una estructura, del material que sea, consistencia nos permite evaluar cuál es la calidad requerida en términos de firmeza y complemento de algo.
- **Calor convectivo:** Se produce únicamente por movimientos del fluido, donde el calor absorbido se disipa por todo el contorno generando una temperatura única.
- **Deshidroascórbico:** La principal forma de la vitamina C oxidada en el cuerpo, ha demostrado reducir el déficit neurológico y la mortalidad.
- **Desertización:** Proceso evolutivo natural de una región hacia unas condiciones morfológicas, climáticas y ambientales conocidas como desierto. Es un fenómeno que se produce sin la intervención humana, a diferencia de la desertificación.
- **El etefón:** (En inglés, ethephon), cuyo nombre sistemático es ácido 2-cloroetilfosfónico, es el regulador del crecimiento vegetal más utilizado.
- **Fluidos en condiciones supercríticas:** Sustancia que se encuentre en condiciones de presión y temperatura superiores a su punto crítico que se comporta como “un híbrido entre un líquido y un gas”, es decir, puede difundir como un gas (efusión), y disolver sustancias como un líquido (disolvente).

- **Hidrolisis:** Reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química.
- **Hidroxilación:** Reacción química en la que se introduce un grupo hidroxilo en un compuesto reemplazando un átomo de hidrógeno, oxidando al compuesto. En bioquímica, las reacciones de hidroxilación son facilitadas por enzimas llamadas hidroxilasas, tal como la tirosina hidroxilasa.
- **Inodoro:** Que no tiene olor.
- **PKa:** Fuerza que tienen las moléculas al disociarse (es el logaritmo negativo de la constante de disociación ácida de un ácido débil).
- **Quelación:** Sustancia que forma complejos con iones de metales pesados. A estos complejos se los conoce como quelatos.
- **Riboflavina:** Vitamina B. Se puede encontrar en ciertos alimentos como la leche, la carne, los huevos, las nueces, la harina enriquecida y las verduras
- **Potencia:** Cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo.
- **Magnetron:** Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía electromagnética en forma de microondas.
- **Maillard:** Conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares presentes en los alimentos cuando éstos se calientan, técnicamente la reacción de Maillard es la glicación no enzimática de las proteínas, es decir, una modificación proteínica que se produce por el cambio.
- **Termosensible:** Es susceptible a los cambios de temperatura. Las características o reacciones de este tipo de materiales variarán según la temperatura a la que estén expuestos.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la velocidad de concentración, el contenido de ácido ascórbico, y el color del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) sometido a la operación de concentración a través del uso de microondas. Se adiciono maltodextrina al 1 y 2 % a muestras de zumo de aguaymanto con concentración inicial de 14 °Brix, 1.14 mg. ácido ascórbico / 100 mL, las cuales fueron sometidas a exposición en un horno microondas convencional marca Samsung, a tiempos de 8, 9, 10, 11, 12 y 13 min. a la potencia 2, se observó que el tiempo de exposición en microondas, influye significativamente en la tasa de concentración, contenido de ácido ascórbico y el color (croma) en el zumo de aguaymanto concentrado, incrementándose en todos los casos; mientras que la adición de maltodextrina no afecta significativamente en ninguno caso.

**Palabras claves:** Zumo de aguaymanto, velocidad de concentración, ácido ascórbico y color.

## ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the speed of concentration, the ascorbic acid content, and the color of the aguaymanto juice (*Physalis peruviana L.*) subjected to the concentration operation through the use of microwaves.

Maltodextrin was added at 1 and 2 % to samples of aguaymanto juice with initial concentration of 14 ° Brix, 1.14 mg. ascorbic acid / 100 mL, which were exposed in a conventional microwave oven Samsung brand, at times of 8, 9, 10, 11, 12 and 13 min. at power 2, it was observed that the exposure time in microwaves, significantly influences the rate of concentration, ascorbic acid content and color (chroma) in concentrated aguaymanto juice, increasing in all cases; while the addition of maltodextrin does not affect significantly in any case.

**Keywords:** Aguaymanto juice, speed of concentration, ascorbic acid and color.

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), es una de las alternativas a aprovechar los múltiples beneficios que proporciona como rentabilidad y ayuda a la salud, por ser un producto orgánico y saludable que constituye un aporte al conocimiento científico y tecnológico, porque coloca a disposición del consumidor un alimento seguro y con alto valor nutricional, una fruta típica de los Andes Suramericanos, actualmente es objeto de estudio de varios investigadores desde el punto de vista agronómico y terapéutico, la razón principal de su consumo es por su contenido de ácido ascórbico 43 mg. de (AA) por cada 100 g. de pulpa y que le confiere el carácter de alimento funcional de antioxidante. Esta vitamina es esencial para el desarrollo de dientes y encías, huesos, cartílagos, absorción del hierro, crecimiento y reparación del tejido conectivo normal, producción de colágeno, metabolización de grasas y la cicatrización de heridas. Es ampliamente sabido que su deficiencia causa escorbuto en las personas de ahí el nombre de ascórbico que se le da al ácido.

Hoy en día se cuenta con la tecnología del microondas para su concentración y ahorro de tiempo, aumentando la calidad y vida útil del producto. Esta tecnología es muy costosa por ello es limitado su uso.

Por otro lado, cabe pensar que los efectos del microondas sean diferentes en función de las características del zumo que se concentra. Así, pensamos que sería interesante estudiar si su empleo afecta a la concentración de zumos con mayor o menor contenido de ácido ascórbico. Además plantearse si el microondas podría afectar la calidad del producto, ya que algunos datos manifiestan la posibilidad de eliminar las muestras sometidas a tratamientos por microondas y existía un cierto tabú ante este tema. Por todo ello se plantea los siguientes objetivos:

1. Determinar la velocidad de concentración, expresados en grados Brix del zumo de Aguaymanto.
2. Determinar el contenido de ácido ascórbico
3. Determinar el color del zumo concentrado

## CAPÍTULO 2 REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Aguaymanto

Es una fruta de origen americano (Figura 1), perteneciente al grupo de frutas semi-ácidas, redonda, amarilla, dulce y pequeña, crece como una planta silvestre o semi-silvestre en las zonas altas de 1500 a 3000 m.s.n.m. La fruta se está expandiendo en el campo agrícola. Actualmente se producen 700 hectáreas para la exportación. (El comercio, 2011).



**Figura 1.** Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*)

#### 2.1.1. Origen y variedad

La planta de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) pertenece a la familia de las Solanáceas y al género *Physalis*, cuenta con más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre, fue descrita por primera vez por Linnaeus en 1753 y menciona que es oriunda del Perú además de ser considerada como una fruta nativa de los Andes, su consumo data de la época prehispánica; conocida también como “tomatito silvestre”, “capulí”; por lo incas, quienes lo conocían como Yawarchunka y Topotopo, y en Aymara, como Uchupa y Cuchuva. (AMPEX, 2008).

Ya en la época de los incas fue una especie preferida, en especial en los jardines reales, siendo el Valle Sagrado de los Incas donde se producía; es así que desde allí que le corresponde, como un fruto exótico originario del Perú, aunque durante tanto tiempo, desde los españoles, se le ha ido olvidando. (Velezmoro, 2004). Al ser una fruta producido alrededor del mundo el aguaymanto o uchuva adquiere diversidad de nombres es por ello que a continuación mencionamos los diferentes nombres con que se conoce al aguaymanto en diferentes partes del mundo. (AMPEX. 2008)

**Estados unidos:** Cape, Goodberry, Goldenberry, Giantgroundcherry, Peruvian, Peruvian cherry.

**Colombia** : Uchuva, Uvilla, Vejigón, Tomate, Capulí.

**Ecuador** : Uvilla, uchuva.

**Perú** : Aguaymanto, Capulí, Motojabobo, Embolsado.

**Francia:** : Coqueret du perou, coquerelle, Alkekege du perou, Physalis.

**Bolivia** : Capulí, Motojabobo embolsado, Awillumanta.

**Chile** : Bolsa de amor, Capulí.

**Venezuela** : Huevo de sapo, Topotopo.

**India** : Jam Fruit.

**Alemania** : Ananaskirsche, kapstachelbeer e o Peruanische schlutte.

**Hawai** : Poha, cape, Gooseberry.

**Reino unido** : Cape, Goosberry, Goldenberry.

**Portugal** : Camapum, Betetesta, Camapum Groselha do pery, Herva noiva do peru.

**México** : Cereza del Perú

### **2.1.2. *Physalis peruviana L.***

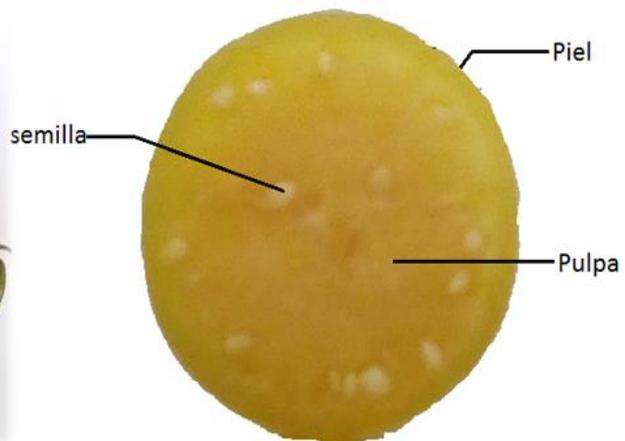
Aunque no se conocen variedades definidas de la especie ***Physalis peruviana L.***, se conocen varios eco tipos que se cultivan básicamente tres que proceden de Kenia, Sudáfrica y Colombia, de donde han tomado sus nombres, que se diferencian por el color y el tamaño del fruto, por la forma del cáliz y por el peso de los frutos cuando maduran. Los eco tipos Sudáfrica y Kenia tienen un peso promedio de 6 a 10 gramos, mientras que el de origen Colombiano son más pequeños y pueden pesar entre 4 y 5 gramos. Así mismo muestra coloraciones vivas y mayor contenido de azúcar, cualidad que le brinda una ventaja en los mercados internacionales. (AMPEX, 2008)

Sin embargo Sánchez Hernández señala la presencia de seis eco tipos para la zona norte del Perú: Urquiaco, Agucucho, Cajabamba y Era (Cajamarca) Huancayo1 y Huancayo 2 (Junín) (Moncada M., 2004).

### **2.1.3. Características**

Se menciona las características del aguaymanto según (Kelly, 2013; AMPEX, 2008 y Velezmoro, 2004)

- **Forma:** es una planta herbácea erecta, perenne en zonas tropicales, las ramas son acanaladas, sus flores en forma de campana y su fruto es una baya carnosa en forma de cereza que alberga numerosas semillas comestibles. Cada fruto está metido en una diminuta “bolsa” que parece de papel.
- **Tamaño:** el arbusto puede alcanzar una altura de entre 60 y 90 cm, sin embargo se han registrado casos en los que llega a alcanzar 1,8 metros. Sus hojas miden de 6-15 cm. de longitud y 4-10 cm. de ancho. El fruto mide de 1,5 – 2 cm. de diámetro.
- **Color:** las ramas son de color violáceo, flores amarillas con corolas de color morado marrón, y sus frutos son naranja-amarillo protegido por un cáliz de textura papirácea
- **Sabor:** es peculiar agridulce de buen gusto.



**Figura 2.** Fruto de aguaymanto con cáliz. **Figura 3.** Corte transversal de fruto

La piel del aguaymanto (*Physalis peruviana. L.*), participa en un 6 %, mientras que la pulpa en un 89 %, y el contenido de semillas es de 5 %. (León R. y Rosero D., 2009).

#### **2.1.4. Composición y propiedades nutritivas del aguaymanto**

El aguaymanto es excelente fuente de vitamina A importante para el desarrollo bueno del feto y esencial para una vista buena y la vitamina C contribuye a la salud de la piel, Muy rico en fósforo indispensable para prevenir la osteoporosis, y en hierro un mineral esencial para la formación y purificación de la sangre y que está en la deficiencia de numerosas mujeres embarazadas, ayuda a eliminar albumina de los riñones y tiene un sabor agridulce dejando en el paladar un aroma muy agradable. (AMPEX, 2008).

El aguaymanto es usado en la industria terapéutica, química y farmacéutica, para curar la diabetes, y prevenir las enfermedades como cataratas, miopía (tonifica el nervio óptico), también se le atribuye aliviar las afecciones de garganta, próstata, ser un calcificador, controlar la amibiasis y según estudios, disminuye de una manera importante los riesgos de enfermedades cardiovasculares, entre otros gracias a su actividad de antioxidante y es utilizada como tranquilizante natural por su contenido de flavonoides. También es utilizado para proteger los suelos de la erosión, esto por su crecimiento robusto y expansivo que actúa como cobertor del suelo. (Velezmoro, 2004).

Tabla 1. Composición o contenido nutricional (100 g. de pulpa)

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad promedio</b>
Agua	78.90 %
Calorías	54
Proteína	1.1 g.
Grasa	0.4 g.
Carbohidratos	16 g.
Fibra	4.8
Cenizas	1 g.
Calcio	7 mg.
Fósforo	38 mg.
Hierro	1.2 mg.
Vitamina A	648 UI
Tiamina	0.18 mg.
Riboflavina	0.03 mg.
Niacina	1.3 mg.
Ácido ascórbico	20 mg.
Pulpa (g.) / 100 (g.) fruta	70
Piel (g.) / 100 (g.) fruta	3.5
Semillas (g.) / 100 (g.) fruta	26.5

**Fuente:** Torres, 2011

### **2.1.5. Beneficio del ácidos ascórbico y compuestos bioactivos**

El aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) contiene entre otros nutrientes, compuestos bioactivos como el ácido ascórbico,  $\beta$ -caroteno (provitamina A)

compuestos fenólicos, entre otras vitaminas que podría proporcionar un efecto fisiológico beneficioso en la salud, mayor que el proporcionado por los nutrientes sencillos que contiene. (Velezmoro, 2004).

El ácido ascórbico (presente en el fruto alrededor de 20,55 mg. / 100 g.) se requiere para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo. Es necesario para formar el colágeno, el tejido cicatricial, los tendones, los ligamentos y los vasos sanguíneos. El ácido ascórbico tiene actividad de vitamina C, además es un antioxidante y como tal es un nutriente que bloquea parte del daño causado por los radicales libres (Encina, 2006).

Según Murillo (2005), los compuestos fenólicos presentan un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante, por ello desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la aterosclerosis o el cáncer.

Se le han atribuido muchas propiedades medicinales tales como antiasmático, diurético, antiséptico, sedante, analgésico, fortifica el nervio óptico, alivia problemas de garganta, elimina parásitos intestinales; además se reportan sus propiedades antidiabéticas, recomendando el consumo de 5 frutos diarios. (Rodríguez *et al.*, 2007) Todas las propiedades mencionadas anteriormente, se atribuyen al contenido de compuestos bioactivos, los cuales se presenta en el siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de compuestos bioactivos de *Physalis Peruviana L*

Componente	Contenido
Ácido ascórbico (mg. / 100 g.)	28,55 ± 0,10
Carotenos totales (mg. de β-caroteno / 100 g.)	1,77 ± 0,02
Compuestos fenólicos (mg. ácido clorogénico / 100 g.)	79,23 ± 0,41
Capacidad Antioxidante DPPH (μgeqtrolox / g.)	249,23 ± 8,01
Capacidad Antioxidante ABTS (μgeqtrolox / g.)	288,95 ± 3,62

**Fuente:** Encina, 2006

## 2.2. Secado por microondas

La tecnología de microondas son ondas de radio de alta frecuencia (campos de radiofrecuencia) y como la radiación visible (luz), son parte del espectro electromagnético. También son usados en la industria para procesar

materiales, en medicina para el tratamiento por diatermia y en las cocinas para la preparación de los alimentos. Las microondas son reflejadas, transmitidas o absorbidas por los materiales en sus trayectorias, de manera similar a la luz. Los materiales metálicos reflejan totalmente las microondas mientras que los materiales no metálicos como el vidrio y algunos plásticos son mayormente transparentes a las microondas. Los materiales que contienen agua, por ejemplo los alimentos, los fluidos o los tejidos, rápidamente absorben la energía de las microondas, la cual después es convertida en calor. (Della R., 2010).

En el calentamiento de alimentos por microondas, los campos eléctricos interaccionan con las moléculas de agua e iones en el alimento, generando calor en forma volumétrica en el interior del mismo. Así se produce la fricción dentro del alimento que hace posible que el mismo se caliente. (Renée *et al.*, 2012).

La diferencia principal entre las microondas y la radiación infrarroja es que las microondas inducen una fricción entre las moléculas de agua, que provoca calor; en cambio, la energía infrarroja es simplemente absorbida y convertida en calor. El calor generado por las microondas no es uniforme. En el interior de los alimentos, se producen gradientes de temperatura que ocasionan la difusión del agua y provocan cambios en las propiedades de éstos que a su vez tienen efecto sobre la generación de calor. (Correa *et al.*; 2011). En síntesis, podemos decir:

Las ondas electromagnéticas son responsables de la generación de calor, la transferencia de humedad y de los cambios bioquímicos y transformaciones físicas que se producen en el alimento. (Della R., 2010)

### **2.2.1. Algunas aplicaciones del microondas en la tecnología de alimentos**

El microondas en la conservación de alimentos se engloba en las denominadas nuevas tecnologías o tecnologías emergentes, las cuales hoy en día presentan una importante aplicabilidad a nivel de los procesos en industrias agroalimentarias. Esta tecnología se utiliza para calentar, cocinar, descongelar, secar y últimamente se han reportados estudios en los que se ha empleado para reducir e inhibir microorganismos de acción patógena y degradantes sobre los alimentos. A través de este documento se hace una recopilación de información relacionada con el uso de microondas, sus orígenes, su fundamento, su aplicación a alimentos y los efectos en las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de los mismos. (Casilla *et al.*, 2016).

Diferentes investigaciones realizadas a nivel internacional muestran que este tipo de tecnología no deteriora de forma significativa la calidad del producto manteniendo en forma óptima sus características físicas, químicas y organolépticas, además de que son más eficientes energéticamente, sin embargo presentan el inconveniente de mayores costos de inversión inicial comparados con los tratamientos térmicos de conservación convencional. (Richardson, 2004).

Las microondas son utilizadas en la industria como una fuente de energía térmica, siendo una forma de energía electromagnética que como las ondas de radio o luz ocupan una parte del espectro electromagnético de potencia o energía, siendo de características de ondas cortas que viajan a la velocidad de la luz. Su uso se ha incrementado debido a los breves periodos de tiempo que utilizan y el calentamiento rápido y uniforme gracias a su penetración dentro de los productos, convirtiéndose así en una alternativa atractiva a los métodos de calentamiento convencional. (Karel y Lund, 2003).

Su atractivo reside en la elevada velocidad de calentamiento y en que no provoca cambios significativos en la superficie del alimento cuando se trabaja con tiempos y potencias de microondas adecuados. El tratamiento industrial por microondas se halla restringido por sus costos y la necesidad de sintonizar el magnetrón con diferentes alimentos. La aplicación industrial más importante es la descongelación, la deshidratación y la terminación del horneado. Para solucionar esto, a la salida de los túneles de horneado se instalan unos calentadores por microondas que completan la cocción sin provocar cambios de color apreciables en la superficie. La utilización de las microondas con alimentos de elevado contenido de humedad ha tenido menos éxito. Ello se debe a la escasa profundidad de penetración alcanzada en piezas muy grandes y al efecto refrigerante que ocasiona la evaporación del agua en la superficie del alimento, que puede ocasionar la supervivencia de los microorganismos en esta zona. (Casilla *et al.*, 2016)

### **2.2.2. Esterilización con microondas**

El uso de esta tecnología permite obtener productos con larga vida de anaquel, libres de conservadores y con la ventaja de contar con el mejor sabor, ya que el tiempo reducido (3 a 5 veces más rápido que en otros sistemas de esterilización comercial). El producto esterilizado por esta vía no tiene los aspectos del abuso de temperatura, tiene un mejor apariencia, textura sabor que

en los productos son esterilizados en sus empaques, importante tener precaución en los materiales usados para este fin, ya que pueden presentar problemas durante el proceso, especialmente los que contiene metal. Son deseables los materiales transparentes y con un alto punto de fusión como el polipropileno (Harlfinger, 1992; George, 1993).

Según Bueno *et al*, (1994), en las técnicas convencionales de esterilización, los efectos puramente térmicos actúan sin discriminación sobre el producto que se está tratando. Así si se desea obtener un proceso rápido, es necesario calentar a alta temperatura, con los inconvenientes que esto trae consigo como son:

### **2.2.3. Ventajas y desventajas en el uso de microondas en el secado**

**Entre las principales ventajas se pueden citar (Schlegel, 1992):**

- Una mayor eficiencia en la difusión de calor y materia
- Desarrollo de gradientes internos de humedad que aumentan la velocidad de secado
- Posibilidad de trabajar a menores temperaturas superficiales
- Mejora en la calidad de producto obtenido

**Y entre las desventajas:**

- Costos de instalación altos
- Eficiencia energética baja

No obstante el secado con microondas se considera viable para alimentos que requieren tiempos de secado cortos y una producción significativa. Es decir aquellos alimentos a los cuáles debe eliminarse una baja cantidad de agua. Asimismo, se puede utilizar el secado con microondas en aquellos productos que tienen riesgo de formación de costra en su superficie. Por otra parte, el costo del secado combinado puede reducirse cuando se usa el secado por microondas junto con otro método de menor costo (Schlegel, 1992).

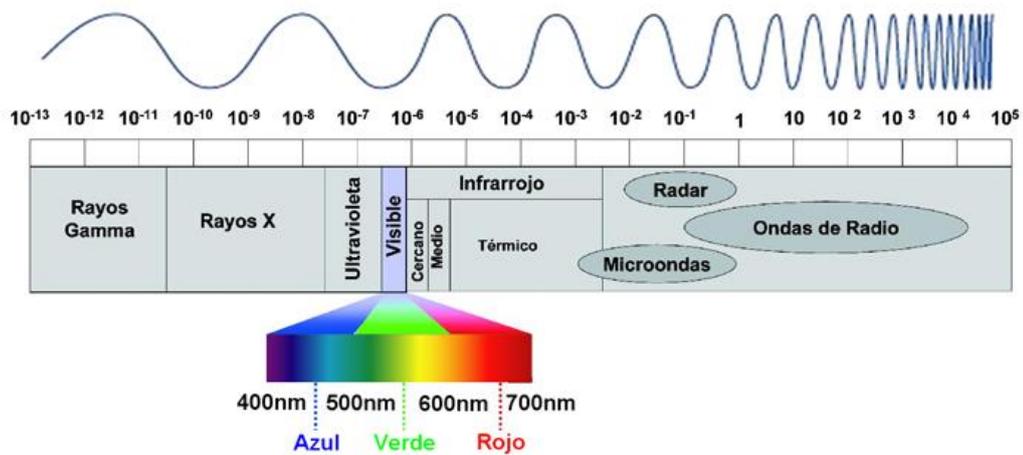
### **2.2.4. Beneficios**

EL Microondas es un proceso industrial capaz de garantizar la seguridad de los alimentos, minimizando el impacto del proceso térmico sobre sus características nutricionales y propiedades sensoriales. En el caso concreto de platos preparados pasteurizados, este tratamiento puede mejorar la productividad y la eficacia de los procesos industriales, además de conseguir alimentos sabrosos, nutritivos y saludables.

Si bien no es del todo preciso afirmar que calientan de adentro hacia afuera, se diferencian de los hornos convencionales (que calientan dejando el exterior del alimento crocante y su centro húmedo) en que calientan con velocidad el agua, las grasas y el azúcar de lo que vamos a comer y lo cocinan sin asarlo, ya que la temperatura no alcanza nunca los 100 °C (temperatura a la que el agua comienza a evaporarse). (Natalia, 2011).

### 2.2.5. Frecuencia de trabajo de los microondas

Frecuencia a la cual trabaja es entre 300 MHz y 300 GHz, las microondas, junto a las radiofrecuencias, constituyen la radiación electromagnética de más baja energía que existe en la naturaleza. Su principio de acción se basa en que cuando inciden en un cuerpo formado por material dieléctrico (es decir, que no conduce electricidad), una fracción de ellas lo atraviesa, otra se refleja y la restante es absorbida. La energía transportada por estas microondas es transferida a las moléculas, a los ácidos grasos o a los iones libres capaces de absorberla, disipándose en el interior del cuerpo bajo forma de calor y produciendo un aumento de su temperatura. (Gunasekaran, 2002). Como puede observarse a partir de la Figura 4, los microondas se encuentran ubicadas en el espectro entre la radiación infrarroja y las ondas de radio.



**Figura 4.** Espectro electromagnético.

Las microondas, como cualquier otra radiación, son en parte reflejadas, en parte transmitidas y en parte absorbidas. La fracción absorbida genera calor, lo cual promueve el calentamiento a partir de la interacción de los alimentos con las microondas. A diferencia de la radiación infrarroja, sin embargo, las microondas

penetran profundamente en los productos. En el calentamiento con microondas, el calor es generado volumétricamente dentro del material irradiado y la velocidad de la entrada de energía no depende de la conductividad térmica o de la resistencia de la superficie. La consecuencia más marcada del poder de penetración de las microondas es la rapidez excepcional del calentamiento (Berk, 2009).

A diferencia de la radiación térmica, la acción de calentamiento con microondas depende fuertemente de la composición química del material a ser irradiado. Las microondas interactúan principalmente con las moléculas polares y las partículas cargadas. El componente más importante en esta interacción son las moléculas de agua del alimento (Ryynanen, 1995; Fellows, 2000; Berk, 2009). Los materiales dieléctricos están compuestos por un núcleo atómico positivo envuelto en electrones negativos. Cuando un campo eléctrico es aplicado las cargas negativas son desplazadas con respecto al núcleo y son inducidos los momentos dipolares produciendo el fenómeno de polarización electrónica

En consecuencia, el calor es generado dentro del material fruto de la penetración de las microondas a través de él. Este fenómeno involucra dos características del material dieléctrico. Una asociada a la concentración de las moléculas polares que implica la capacidad del producto de almacenar energía (constante dieléctrica) y la otra relacionada a la fracción de energía de las microondas que es convertida en calor (factor de pérdida dieléctrica).

De esta manera estas características llamadas también propiedades dieléctricas influyen sobre la manera que el material dieléctrico se calienta (Berk, 2009). En consecuencia la potencia volumétrica generada por las microondas dentro del alimento dependerá necesariamente de estas propiedades, que a su vez son función de la frecuencia y de la intensidad del campo eléctrico.

Por consiguiente, la industria de procesamiento de alimentos dedica considerables esfuerzos para desarrollar productos y empaques compatibles con las capacidades y las limitaciones de los hornos de microondas. En cuanto a las aplicaciones industriales, el uso del calentamiento con microondas en industria de la alimentación es todavía limitado a un número pequeño de casos donde este método ofrece claras ventajas tecnológicas y económicas en relación a los sistemas de calentamiento convencional. Una de las aplicaciones industriales

más exitosas del calentamiento con microondas es el templado (descongelación parcial) de carne congelada y pescado antes del corte (Schiffmann, 2001).

### **2.3. Color en los alimentos**

El color es un atributo muy importante a la hora de medir la calidad de un alimento, y en base a este se identifican muchas de las propiedades del mismo, de hecho, el color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos y posteriormente, los juzga por sus demás características sensoriales como textura, sabor, etc. Esto es contundente, ya que cuando el color de un alimento cambia (manteniendo su forma, sabor, aroma, etc.), se obtiene una respuesta de rechazo de parte de los consumidores, o incluso, de los catadores entrenados. (Chuchuca *et al.*, 2012)

Es por ello que los procesadores de alimentos prestan una atención muy especial, tanto a la coloración de los ingredientes, como a los cambios de coloración de los productos durante su procesamiento, ya que ambos aspectos van a determinar la coloración del producto final.

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos de los cuales son el resultado del procesamiento y manejo del alimento. Otros son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, debido a las reacciones de caramelización y de Maillard (Badui, 2006). En ciertos alimentos líquidos, la coloración del alimento se debe al efecto de la dispersión de la luz, como es el caso de la leche, donde los causantes de dicha dispersión son principalmente los glóbulos de grasa, aunque las micelas de caseína, el fosfato de calcio coloidal, los carotenos y la riboflavina también inciden en la dispersión. Cuanto más pequeños son los glóbulos de grasa, mayor será el efecto de la dispersión y mayor la blancura de la leche (Jácome y Molina, 2008).

La mayoría de los alimentos vegetales deben su color a sus correspondientes pigmentos. Los principales pigmentos responsables de la coloración de los vegetales son:

carotenoides, cuyo color varía de amarillo a naranja y rojo; clorofilas, el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, las hojas de la mayoría de las plantas deben su color verde a este pigmento; antocianinas, responsables de los colores rojo, naranja, azul y púrpura; flavonoides, pigmentos, generalmente

amarillos; betaláinas, divididos en dos grandes clases, betacianinas de coloración rojo, y betaxantinas de color amarillo; y taninos, cuya coloración varía de amarillo-café a incoloro (Contreras, 2007).

### **2.3.1. El color**

Todas las variedades de frutas, indican una coloración de acuerdo fisiología lo que significa que se cosechan cuando estos alcanzan un grado de madurez interna adecuado, basado en su relación de sólidos solubles totales/acidez, para lo cual se hace necesario esperar a que esto suceda de forma natural en el árbol (Morín, 1985). En este tipo de frutos los cambios que se producen a nivel fisiológico característicos de la madurez se dan de manera más gradual en el tiempo y no se ven acompañados por aumentos respiratorios o de la producción de etileno, gas conocido como la hormona natural de la maduración (Agustí, 2003).

El hecho de que alcancen la adecuada madurez no conlleva a que su color sea el apropiado, de manera que en la mayoría de ocasiones se tiene que realizar lo que se conoce como la desertización (Morín, 1985).

De todas formas, aunque el color para el caso zumos y cítricos no es un parámetro de madurez como tal, sí que se puede considerar de calidad puesto que los consumidores de este tipo de fruta esperan el color característico, siendo éste el naranja. Por otro lado, el color de la fruta también es uno de los criterios para la clasificación a nivel comercial. Los consumidores por lo general, son reacios a comprar fruta verde a excepción de las limas y los limones (Ladaniya, 2008).

CIE y Hunter Lab. De acuerdo con los conceptos de CIE, el ojo humano tiene tres receptores del color: rojo, azul y verde y todos los colores son combinaciones de estos. Las notaciones usadas más comúnmente son el espacio cie Yxy diseñado en 1931, el Hunter L a b desarrollado en 1948 para las medidas fotoeléctricas y el espacio de color cie L\* a\* b\* diseñado en 1976 para dar diferencias más uniformes de los colores (Ladaniya, 2008).

El color se mide por colorímetros en los cuales los sensores son filtrados para responder parecido al ojo humano. Muchos tienen conversores automáticos de varias coordenadas de color (Abbott, 1999). El sistema CIELab, también expresado como L\* a\* b\* o L\*C\*h\*, es un sistema de colores opuestos establecido por la CIE en 1986 (Ladaniya, 2008).

### **2.3.2. Elementos de la percepción del color**

Para el correcto entendimiento de la percepción del color son fundamentales 3 elementos: la fuente de luz, el objeto y el observador. La interacción de estos elementos da como resultado la visualización del objeto por parte del observador, que puede ser el ojo humano o un equipo de medición de color. (Chuchuca et al., 2012)

#### **2.3.2.1. Fuente de luz**

Los cuerpos emisores de luz, como el sol o lámparas, emiten diferentes longitudes de ondas electromagnéticas que al estimular nuestros ojos provocan la sensación del color. La luz blanca del sol es un conjunto de ondas, dentro del espectro de 380 a 770 nm., (García, 2012), que al separarse en sus componentes se pueden ubicar los distintos colores que percibimos.

La luz puede provenir de fuentes naturales y artificiales, y en cada caso posee una serie de características. La luz natural es más difícil de controlar pues cambia constantemente de intensidad, dirección, calidad y color, mientras que en la luz artificial, todos los parámetros anotados anteriormente pueden controlarse (Monje, 2008).

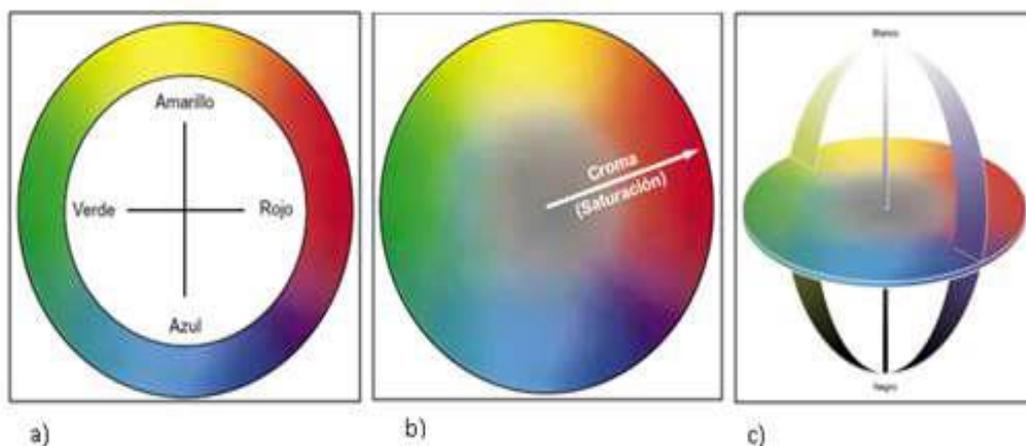
#### **2.3.2.2. Objeto**

La luz que incide sobre un objeto es transformada de acuerdo a las características del mismo (forma, espesor, longitud, composición química, etc.), dando fenómenos como transmisión, reflexión, absorción y dispersión de estos, los más importantes para la percepción del color son la reflexión y la absorción, ya que cuando una luz blanca incide sobre el objeto, parte del espectro es absorbido, reflejando únicamente el espectro correspondiente al color del objeto. Sin embargo, los componentes reflejados dependen de la luz con la que se ilumine el objeto, debido a que si un objeto rojo es iluminado con una luz monocromática diferente de la roja, el objeto parecerá negro porque ese único componente será absorbido (García, 2012). La apariencia del color de un objeto percibido por el observador se basa en tres atributos psicológicos: tono (hue), croma (chroma) y claridad (value) (Capilla, A. y Pujol, 2002), que permiten identificar un color específico.

El tono es el primer atributo que describe un observador y está asociado con la longitud de onda del color dominante, sea este espectral o no

(Camporeale y Dutt, 2006), y comprende matices como el rojo, amarillo, naranja, verde, azul y púrpura.

En la Figura 5.a. se observa cómo la combinación de matices alrededor del círculo cromático forma diferentes tonos dominantes y complementarios.



**Figura 5.** Círculo Cromático: a) Tono, b) Saturación, c) Claridad

**Elaborado por:** Chuchuca, Dick, Peñafiel

**Fuente:** X-Rite, Inc., 2002

El croma o saturación se refiere a la pureza cromática de un color respecto al gris; es decir, a medida que un color se satura, más puro es y menos gris posee (Netdisseny, 2009).

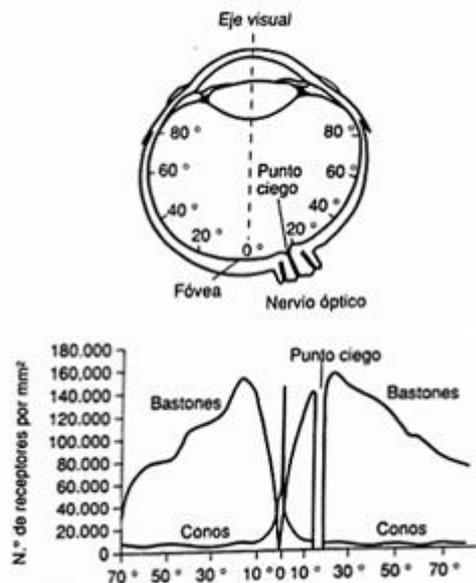
En la Figura 5.b se muestra la saturación según la tendencia de un color hacia el gris (centro) o al matiz puro (periferia). La claridad o valor es una magnitud que obedece al nivel de intensidad de luz, primaria o secundaria, que percibe el observador. Las variaciones en la claridad de un color, a medida que se añade blanco o negro a un tono, pueden alterar la apariencia de dicho color. (Chuchuca *et al.*, 2012)

### **2.3.2.3. Observador**

El ser humano percibe la sensación del color cuando la luz (primaria o secundaria) se refleja en la retina, la cual posee 2 tipos de sensores a la radiación electromagnética: los bastones y los conos, estos funcionan junto a un sistema óptico para enviar la información captada a nuestro cerebro, que será finalmente el que nos muestre el color de los objetos (Cortés, 2000).

Los bastones son células que detectan la intensidad de luz que llega a ellas, sin diferenciar las distintas longitudes de ondas de la radiación (Cortés, 2000); se activan en la oscuridad, permitiendo distinguir únicamente el negro, el

blanco y distintos grises. Los conos, por el contrario, son los responsables de la percepción del color y se basan en el concepto triestímulo o tricromático, puesto que son estimulados únicamente por las fracciones de longitudes de ondas del espectro de luz blanca correspondientes al verde, rojo y azul; se encuentran densamente empaquetados en el centro de la fóvea, donde ocupan un campo visual de 2°, siendo así, la base del observador estándar de la CIE 1931 (Commission Internationale de l'Éclairage). En el año 1964 fue reemplazado por el observador 10° que incluía una campo de visión más amplio, abarcando una mayor cantidad de bastones en el campo de detección (MacDougall, 2002), más parecido a la visión humana. La Figura 6. Muestra la cantidad de conos y bastones, según el ángulo del campo de visión.



**Figura 6.** Distribución de conos y bastones en la retina

**Fuente:** Mac Dougall, 2002

La respuesta del observador se obtiene con las “curvas del observador de patrón”, producto de la comparación de luces monocromáticas del espectro visible con muestra de los tres primarios (Calvo y Duran, 1997). En la Figura 6, se muestran las curvas de sensibilidad espectral correspondiente al ojo humano, a las cuales se les conoce con el nombre de funciones de coincidencia.

### 2.3.3. Sistemas de medición de color

La percepción del color por parte del ojo humano está fundamentado por el principio tricromático, siendo el punto de partida en el desarrollo de los distintos sistemas de medición y representación del color que surgieron con la necesidad

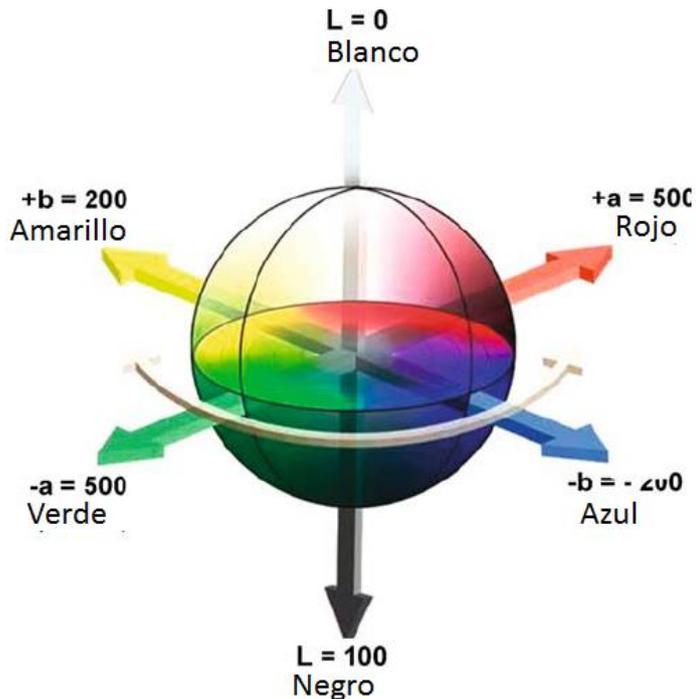
de mostrar valores de color que vayan más allá de la subjetividad descrita por un observador.

Un modelo de color es una fórmula matemática abstracta que describe cómo se representan los colores. Para ello, se basa en tablas numéricas compuestas normalmente por tres o cuatro valores o componentes de color (LaCie, s.f.). Es motivo por el cual, la CIE ha impulsado la utilización de sistemas comunes para normalizar una escala en base a un observador patrón, aunque aún existen escalas subjetivas, como él (Comisión Internacional de L'Eclairage, 2012).

### 2.3.3.1. Cie L\*a\*b\*

En este sistema cada color es definido por un único par de coordenadas cuadradas en un espacio tridimensional, calculado a lo largo de los ejes representados en la Figura 7, (Gonnet *et al.*, 1992). Las coordenadas de color que se usan en CIELab son: L\* (luminosidad), a\* (componente rojo verde), b\* (componente amarillo azul) y atributos cromáticos (croma), y h\* (ángulo de tono) (Pardo *et al.*, 1997).

- **Eje L\*:** Eje vertical. Mide el factor de luminancia, que es el equivalente a la luminosidad. Valores bajos de L\* corresponden a colores oscuros, de tal forma que L\*= 0 corresponde al negro teórico, mientras que valores altos coinciden con medias más claras, siendo L\*= 100 el blanco perfecto. Para cada valor de L\* la cromaticidad del color es definido por sus coordenadas en los ejes a\* y b
- **Eje a\*:** Eje horizontal. Valores positivos de a\* equivalen al color rojo, y valores negativos al verde.
- **Eje b\*:** Eje horizontal y perpendicular al anterior. Valores positivos de b\* corresponden al color amarillo, y los negativos al azul (McGuire, 1992). La utilización de colorimetría de triestímulos para medir el color, se ha extendido últimamente y dada su precisión, rapidez y comodidad está destinada a ser el principal método de análisis de color en fruto (Gil, *et al.*, 2001).



**Figura 7.** Modelo CIELAB

**Fuente:** LaCie, s.f.

CIELAB también puede ser expresada en coordenadas cilíndricas, donde las variables son:  $L^*$ ,  $C^*$  el croma (saturación),  $h^*$  el tono; ciertas fuentes denominan a esta expresión cilíndrica CIELCH (X-Rite, Inc., 2002). Las ecuaciones para esta nueva forma son:

- **El tono (H).**- Angular o ángulo métrico de tonalidad  $H^*$  varía entre 0 y 360°.

$$H^* = \arctang\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{EC. 01})$$

- **El croma (C).**- Indica el grado de separación entre un tono determinado y un gris de la misma claridad. Tiene el valor 0 para estímulos acromáticos y, por lo general, no pasa de 150, aunque puede superar ese valor para estímulos monocromáticos.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{EC. 02})$$

Es importante resaltar que Lab es una abreviatura informal que puede originar confusión entre el espacio de color Hunter Lab y CIELAB, y aunque tienen la misma finalidad y propósito, su construcción es diferente. Se recomienda utilizar CIELAB para nuevas aplicaciones, excepto donde los datos deban compararse con valores Hunter Lab ya existentes. La ventaja de este

espacio de color es que es más objetivo, porque no depende del dispositivo, y además, una misma combinación de L, a y b, sirve para describir siempre el mismo color de forma exacta (Valero, 2011).

Las coordenadas de L\*, a\* y b\* en CIELAB sirven para definir la ubicación de cualquier color en el espacio de color uniforme que muestra este sistema.

- **Índice de color (IC\*).**- El color puede ser evaluado mediante la determinación del índice de color IC\* obtenido por la expresión (10) donde L, a, y b son los parámetros del sistema color CIELAB. El parámetro L proporciona un valor de la Luminancia o brillo de la muestra. El parámetro a indica la zona de variación entre el rojo y el verde del espectro. El parámetro b se refiere a la zona de variación entre el amarillo y el azul del espectro. (Vignoni *et al.*, 2006).

$$IC^* = \frac{a \cdot 1000}{L \cdot b} \quad (EC. 03)$$

El IC\* por sus características de variación puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos:

- a) Si IC\* es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde el azul-violeta al verde profundo.
- b) Si IC\* es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.
- c) Si IC\* está entre -2 a +2, representa el amarillo verdoso.
- d) Si IC\* es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido.
- e) Si IC\* es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo. al naranja intenso.

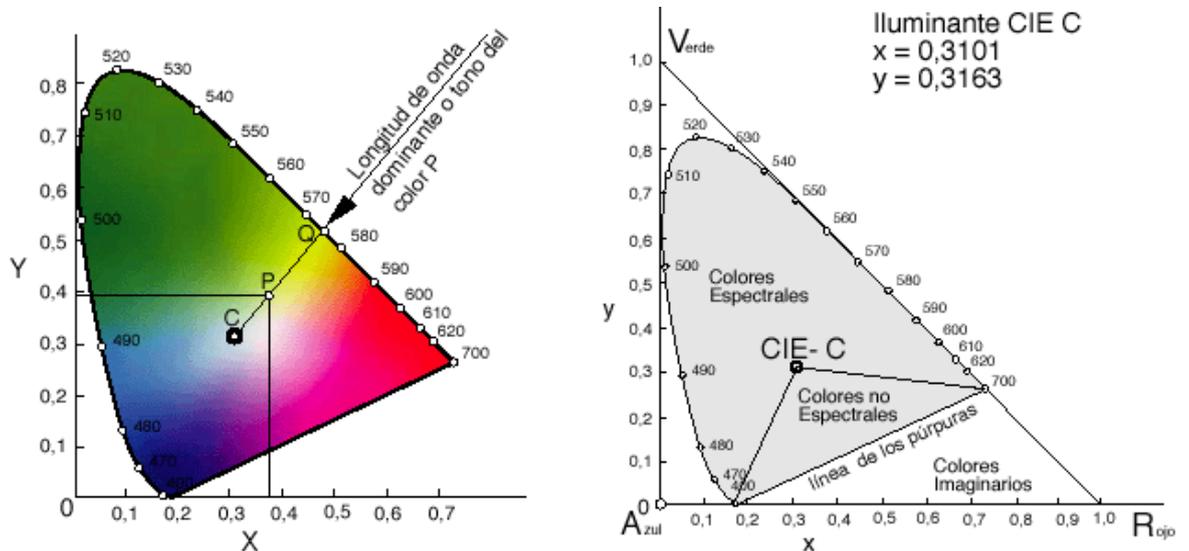
$$BI = (100 \cdot (X - 0,31)) / 0,17 \quad (EC. 04)$$

**DONDE:**

$$X = (a + 1,75 \cdot L) / (5,645 \cdot L + a - 3,012 \cdot b) \quad (EC. 05)$$

### 2.3.3.1.1. CIE 1931

En 1931, la CIE se fundamentó en el principio tricromático, desarrollando un sistema en base a la igualación de colores mediante la mezcla de cantidades apropiadas de los tres estímulos fundamentales (rojo, verde y azul, RGB por sus siglas en inglés). Por deducción matemática, a partir de estos se idearon los colores primarios ideales X, Y y Z. Se analizaron cuatro condiciones para la caracterización de estos valores: fuentes estándar de iluminación, condiciones exactas de observación, unidades matemáticas apropiadas y curvas de un observador patrón. Pero el empleo rutinario de los valores X, Y y Z presentaron varios inconvenientes debido a que son difíciles al representar gráficamente, no son intuitivos para dar idea del color y son difíciles en interpretar en base sensorial (Calvo *et al.*, 1997).



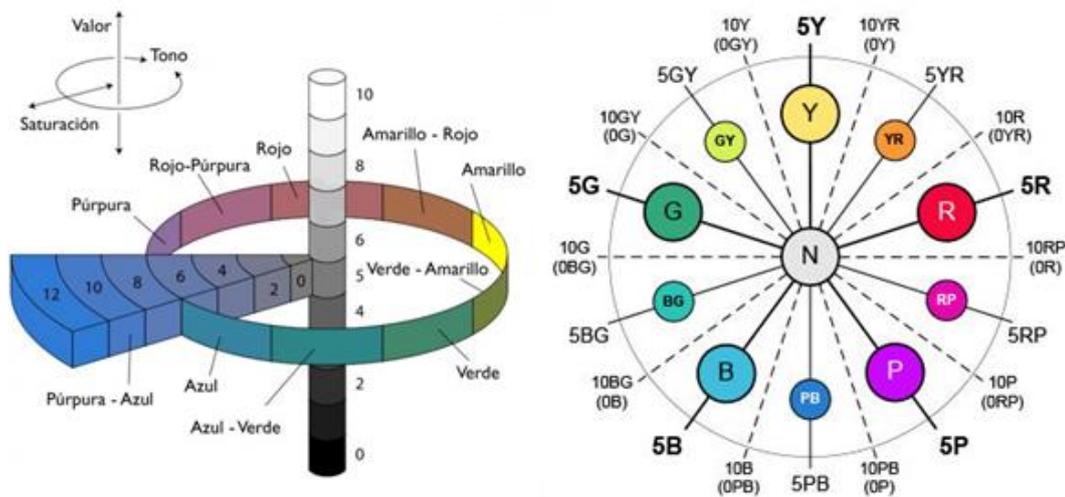
**Figura 8.** Diagrama de cromaticidad.

**Fuente:** LaCie, s.f.

El sistema de medición de color CIE x, y, Y no es visualmente uniforme, las constantes de tono (matiz) y croma (saturación) están distorsionadas y las distancias visualmente iguales en el diagrama de cromaticidad aumentan varias veces entre la sección purpura-rojo a verde (MacDougall, 2002). Debido a que el esquema no representaba la uniformidad, se requería una mejora a un sistema más complejo, mediante transformaciones matemáticas para conseguir un sistema que describiese mejor el color.

### 2.3.3.2. Sistema de color Munsell

El éxito del sistema Munsell reside en un espaciado uniforme y en las escalas abiertas de croma, que ha obtenido aceptación internacional y también ha servido como base para la construcción de otros sistemas de color, incluyendo el CIELAB (Valero, 2011). Sus valoraciones reemplazaron el vocabulario impreciso de las denominaciones populares a los colores, como azul infernal y azul-celeste, colocando así matices opuestos como complementarios muy diferentes (Zelanski y Fisher, 2001).



**Figura 9.** Sistema Munsell

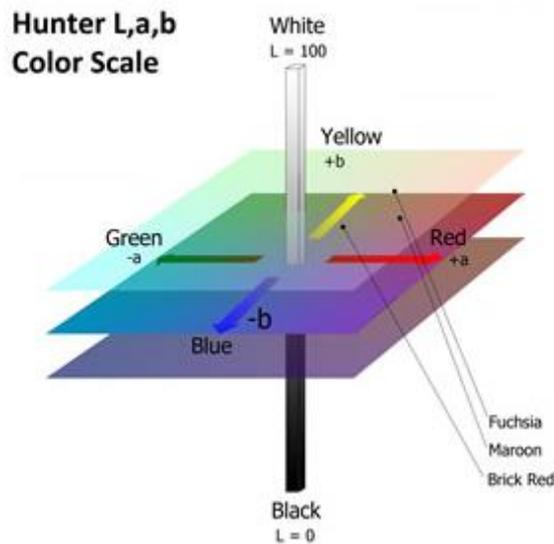
**Elaborado por:** Chuchuca, Dick, Peñafiel

**Fuente:** Valero, 2011; Capilla *et al.*, 2002

Las variables utilizadas por Munsell para describir los atributos del color son el tono (hue), la claridad (value) y el croma (chroma) (Capilla *et al.*, 2002). Como se observa en la Figura 9., la escala del tono está representada por 10 tonos (5 principales y 5 combinaciones) y cada uno está dividido en 10 segmentos. La escala de claridad corresponde al espacio comprendido entre 0 y 10, donde 10 es blanco y 0 negro. Finalmente, la escala de croma está comprendida entre 0 y 12, siendo 12 el espacio en el sistema donde se alcanza la máxima pureza del tono.

### 2.3.3.3. Hunter Lab

La escala de colores Hunter L, a, b es visualmente más uniforme que la escala de color CIE x, y, Y, y debido a esta uniformidad, es posible trazar diferencias entre valores de colores en el espacio.



**Figura 10.** Escala de color Hunter Lab

**Fuente:** Cool Roof Rating Council, 2012

El espacio de color Hunter L, a, b está organizado en un cubo. En el eje L, 100 es la máxima valoración donde se produce una perfecta difusión del reflejo de luz, es decir, donde se obtiene un color blanco total; 0 es la mínima valoración y es donde se representa el color negro. Los ejes a y b no tienen límites numéricos específicos, valores positivos de a son rojos y negativos son verdes, valores positivos de b son amarillos y negativos son azules (Hunter Associates Laboratory, Inc., 2008). En la Figura 10, se observa un diagrama del espacio de color Hunter L, a, b.

#### 2.4. Ácido Ascórbico

El ácido ascórbico es un ácido de azúcar con propiedades antioxidantes. Su aspecto es de polvo o cristales de color blanco-amarillento. Es soluble en agua. El enantiómero L- del ácido ascórbico se conoce popularmente como vitamina C. (Zamudio S., 2017)

El ácido ascórbico es una vitamina esencial en la dieta humana, y su determinación por técnicas sensibles y rápidas, es importante para evaluar su estabilidad en diferentes alimentos. Actualmente la búsqueda de fuentes naturales, reviste gran interés por las características antioxidantes de la vitamina C; del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*). El ácido ascórbico sintético como un aditivo alimenticio "generalmente reconocido como seguro". (Codex alimentarios, 1995) Se adiciona a una amplia variedad de alimentos, tanto por razones nutricionales como técnicas. El ácido ascórbico se encuentra en plantas,

animales y organismos unicelulares. Todos los animales vivos lo necesitan, y si no lo sintetizan deben tomarlo con los alimentos para no morir por escorbuto debido a su carencia.

El nombre "ascórbico" proviene de su propiedad de prevención y curación del escorbuto. Los primates, incluido el ser humano, y algunas otras especies en todas las divisiones del reino animal, en especial el conejillo de indias, han perdido la capacidad de sintetizar el ácido ascórbico, y deben obtenerlo en la comida.

El ácido ascórbico y sus sales de sodio, potasio y calcio suelen usarse como aditivos antioxidantes de los alimentos. Estos compuestos son solubles en agua y, por tanto, no pueden proteger a las grasas de la oxidación. Para este último fin pueden usarse como antioxidantes los ésteres de ácido ascórbico solubles en grasa, con ácidos grasos de cadena larga (palmitato de ascorbilo o estereato de ascorbilo). El ochenta por ciento del suministro mundial de ácido ascórbico se produce en China.

Actualmente la mayor parte de la vitamina C se fabrica con la ayuda de microorganismos modificados genéticamente (vitamina C GMO), ya que es más (Carreño T., 2017)

#### **2.4.1. Importancia**

Es necesaria para la formación de colágeno, para la correcta cicatrización de heridas, reparación y mantenimiento de los tejidos de las diferentes partes del cuerpo y también para la síntesis o producción de hormonas y neurotransmisores. Al igual que otras vitaminas, es un poderoso antioxidante. Puesto que nuestro cuerpo no produce vitamina C, debemos incorporarla a través de los alimentos. (Vitamin and mineral, 2009). Investigaciones recientes también sugieren que la vitamina C está involucrada en el metabolismo de colesterol a los ácidos biliares, que puede tener consecuencias para los niveles de colesterol en la sangre y la incidencia de cálculos biliares (Tortora, G. y Grabowski, S. 1998).

El ácido ascórbico funciona como un cofactor en diversas reacciones de hidrolización y amidación. De este modo, se requiere para facilitar la conversión de algunos residuos de prolina y lisina que se encuentran en la procolágena, para la síntesis de colágeno (Harrison, 2002).

Una enfermedad común en la deficiencia de vitamina C, es la anemia. Las propiedades antioxidantes de esta vitamina pueden estabilizar el folato en la

comida y en el plasma (Vitamin and mineral, 2009). Este efecto puede ser alcanzado con la cantidad de vitamina C obtenida de la dieta.

### **Funciones**

- Mejora la visión y ejerce función preventiva ante la aparición de cataratas o glaucoma.
- Es antioxidante, por lo tanto neutraliza los radicales libres, evitando así el daño que los mismos generan en el organismo. Su capacidad antioxidante hace que esta vitamina elimine sustancias tóxicas del organismo, como por ejemplo los nitritos y nitratos presentes en productos cárnicos preparados y embutidos. Los nitratos y nitritos aumentan la probabilidad de desarrollar cáncer. Su virtud como antioxidante nos protege ante el humo del cigarrillo, y como mejora el sistema inmune, es también utilizada en pacientes sometidos a radio y quimioterapia.
- Es antibacteriana, por lo que inhibe el crecimiento de ciertas bacterias dañinas para el organismo.
- Reduce las complicaciones derivadas de la diabetes tipo II
- Disminuye los niveles de tensión arterial y previene la aparición de enfermedades vasculares
- Tiene propiedades antihistamínicas, por lo que es utilizada en tratamientos antialérgicos, contra el asma y la sinusitis.
- Ayuda a prevenir o mejorar afecciones de la piel como eccemas o soriasis.
- Es cicatrizante de heridas, quemaduras, ya que la vitamina C es imprescindible en la formación de colágeno.
- Aumenta la producción de estrógenos durante la menopausia, en muchas ocasiones esta vitamina es utilizada para reducir o aliviar los síntomas de sofocos y demás.
- Repara y mantiene cartílagos, huesos y dientes. (Carreño T., 2017)

### **2.4.2. Propiedades físicas y químicas**

Es un compuesto blanco, cristalino o levemente amarillo, inodoro que se oscurece de manera gradual en su exposición con la luz. Estando seco, es estable al aire, pero en solución se deteriora con rapidez en presencia de aire. Tiene un punto de fusión de alrededor de 190 °C. Es soluble en 1 gramo por 3 mililitros de agua o 40 mililitros de alcohol, insoluble en cloroformo, éter o

benceno. En la naturaleza se puede encontrar en su forma reducida y en su forma oxidada (Remington, 2003).

Los nombres químicos de la vitamina C son Ácido Ascórbico y escorbato. Es una lactona de seis carbonos la cual se sintetiza a partir de la glucosa en muchos animales. La Vitamina C es sintetizada en el hígado de algunos mamíferos y en el riñón de aves y reptiles. Sin embargo, varias especies, incluyendo los humanos, los primates no humanos, los murciélagos indios, entre otros, no son capaces de sintetizar la vitamina C. Cuando no hay suficiente vitamina C en la dieta, los humanos sufren una enfermedad potencialmente letal llamada escorbuto (Vitamin And Mineral, 2009). El ácido ascórbico tiene un carbono con actividad óptica y la acción contra el escorbuto reside en la acción del isómero L (Goodman & Gilman, 2002). Los humanos y los primates carecen de la enzima terminal en el ciclo del ácido ascórbico, 1-gluconolactona oxidasa, porque el gen que la produce ha sufrido una mutación sustancial, por lo tanto, no se produce ninguna proteína (Vitamin And Mineral, 2009).

El ácido ascórbico se oxida rápidamente, especialmente en la presencia de iones metálicos como el cobre, hierro, álcalis y enzimas oxidativas (Van Way, Charles, 1999); la exposición a la luz y el calor causa su degradación (Drug, 1997).

#### **2.4.2.1. Propiedades del ácido ascórbico ( 25 °C y 100 kpa)**

Nombre IUPAC. (R)-3,4-dihidroxi-5-((S)-1,2-dihidroxietil) furano-2(5H)-ona (Perez G., 2015)

- Fórmula molecular :  $C_6H_8O_6$
- Masa molecular : 176.13 g. / mol
- Apariencia : Sólido blanco o amarillo claro
- Densidad : 1.65 g. /  $cm^3$
- Punto de fusión : 190- 192 °C
- Solubilidad en agua : solubles
- Acidez (pka): 4.17 (primera), 11.6 (segunda)
- Olor : Inodoro
- Solubilidad en agua: 33 g. / 100 ml.

#### **2.5. Maltodextrina**

Es un carbohidrato que se obtiene del almidón a partir de la hidrólisis. Es fácilmente digerible, pequeña fuente de energía, con poder edulcorante y soluble

en agua fría y caliente. (Rábago D., 2014) La maltodextrina es un ingrediente de gran uso en productos alimenticios. Esto se debe a que siendo insípida, posee propiedades interesantes para la fabricación de alimentos.

- Es humectante y espesante.
- Dispersa correctamente otros aditivos e ingredientes.
- Es añadida para el secado "en spray" de otros alimentos, dado que tiene la capacidad de encapsular sabores y conservarlos para su posterior uso industrial.
- Estabiliza alimentos con gran cantidad de grasas, alargando así su durabilidad.
- Es un gran ingrediente para la industria de la comida prefabricada.

Además de las propiedades funcionales antes mencionadas, maltodextrina es 100 % soluble en agua fría brindando a la solución una claridad perfecta al instante. (Norma de Calidad, 2012).

### **2.5.1. Características Generales de la maltodextrina**

#### **Características Organolépticas**

<b>Atributo</b>	<b>:</b>	<b>Descripción</b>
Apariencia	:	Polvo Fino
Color	:	Blanco
Materia extraña	:	Libre de materia extraña

### **2.6. pH y acidez.**

El pH y la acidez son dos de los parámetros con mayor variabilidad debido que los ácidos orgánicos contenidos en el frutos que van transformado o degradando a medida que el fruto respira. Los ácidos en el fruto verde se acumulan ya que las rutas respiratorias, tienen velocidades de reacción menores a las rutas sintéticas, como es el caso de la fotosíntesis, por ende todos los ácidos están almacenados en el complejo citoplasmático celular (Castrillo *et al.*, 1992).

Existen dos clases de compuestos químicos relacionados entre sí y que son muy importantes en la vida diaria. Se trata de los ácidos y las bases. Algunos ácidos muy conocidos son el vinagre (ácido acético), la vitamina C (ácido ascórbico) y el ácido del acumulador (ácido sulfúrico). Son bases muy comunes la lejía (hidróxido de sodio), el polvo para hornear (bicarbonato de sodio) y el amoníaco. En la contaminación del aire y del agua suelen intervenir

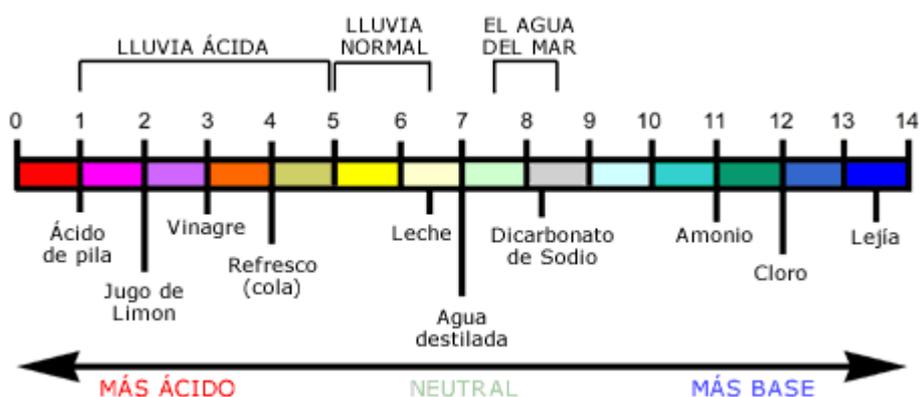
los ácidos y bases. El sabor dulce es más complicado. Para que un compuesto tenga sabor dulce, debe tener un grupo de tipo ácido y uno de tipo básico, además de la geometría correcta para encajar en el receptor del sabor dulce. (Wagner M., 2005).

### 2.6.1. El pH

Es una abreviatura de potencial de hidrógeno, es un parámetro muy usado en química para medir el grado de acidez o alcalinidad de las sustancias. Esto tiene enorme importancia en muchos procesos tanto químicos como biológicos. Es un factor clave para que muchas reacciones se hagan o no. Por ejemplo en biología las enzimas responsables de reacciones bioquímicas tienen una actividad máxima bajo cierto rango de pH. Fuera de ese rango decae mucho su actividad catalítica. Nuestra sangre tiene un pH entre 7,35 y 7,45. Apenas fuera de ese rango están comprometidas nuestras funciones vitales. En los alimentos el pH es un marcador del buen o mal estado de este. Por lo expuesto el pH tiene enormes aplicaciones. (González C., 2011).

#### 2.6.1.1. La escala del pH va desde 0 hasta 14.

En la Figura 11, se observa los valores menores que 7 indican el rango de acidez y los mayores que 7 el de alcalinidad o basicidad. El valor 7 se considera neutro. Matemáticamente el pH es el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrogeno o protones ( $H^+$ ) o iones hidronio ( $H_3O$ ). (Wagner M., 2005 y González C., 2011).



**Figura 11.** Escala del pH de 0 a 14

### 2.6.2. Acidez Titulable

La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la

acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba; en la práctica se toma como punto final pH = 8.5 usando fenolftaleína como indicador. (Walstra y Jenness, 1987). Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos libres y sólo una parte del ácido fosfórico y fenoles están involucrados en el resultado final. Para reportar la acidez, se considera el ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante. (Singh *et al.*, 1997).

### **2.6.3. Indicador**

Un indicador de pH es una sustancia que permite medir el pH de un medio. Habitualmente, se utilizan como indicador de las sustancias químicas que cambian su color al cambiar el pH de la disolución. El cambio de color se debe a un cambio estructural inducido por la protonación o desprotonación de la especie. Los indicadores Ácido-base tienen un intervalo de viraje de una unidad arriba y otra abajo de pH, en la que cambian la disolución en la que se encuentran de un color a otro, o de una disolución incolora, a una coloreada. (Sepúlveda I., 2014).

### **2.7. Grados Brix**

Los grados Brix son una unidad de cantidad (símbolo °Brix) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido o también el porcentaje de sólidos solubles presentes en alguna sustancia. (Córdova *et al.*, 2011).

El contenido en azúcares se puede medir directamente por procedimientos químicos, pero como éste es el componente mayoritario de los sólidos solubles (un 80 % del total de los sólidos), resulta más fácil e igualmente útil determinar los sólidos solubles totales en el zumo extraído con la ayuda de un refractómetro o un hidrómetro (Wills *et al.*, 1984).

El refractómetro lo que realmente observa es la desviación de la luz polarizada al atravesar una solución, en este caso unas gotas del zumo de la fruta. La desviación suele estar graduada en grados Brix (Delhom M., 1986). Los grados Brix son uno de los factores más importantes en cuanto al sabor (Liu *et al.*, 2010). Debido a que la concentración de azúcares alcanza con la madurez del fruto, su punto de culminación y se puede considerar las fases de color naranja claro y naranja oscuro (Fisher G. y Martínez O. 1999).

## CAPÍTULO 3 MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 3.1. Lugar de Ejecución

#### 3.1.1. Localidad e institución donde se realizó el proyecto

##### a) Localidad

La investigación se realizó en el barrio de Santa Rosa del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas a 2820 m.s.n.m, 13° 39´ 12´´ latitud Sur y 73° 23´ 18" longitud Oeste, del meridiano de Greenwich.

##### b) Institución

Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios de química, procesos agroindustriales, laboratorio de física y laboratorio de control de calidad y medio ambiente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA) y en el Laboratorio de pastos y forrajes de la Universidad Nacional del Altiplano (UNAP), ubicada en la provincia y Departamento de Puno.

### 3.2. Material de Estudio

Se empleó 20 kg. de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), recolectados del Distrito de Talavera.

#### 3.2.1. Universo y/o Población

Zumo extraído del aguaymanto (*Physalis peruvianos L.*).

#### 3.2.2. Muestra

Para obtener una muestra se clasifico los frutos de aguaymanto (*Physalis peruvianos L.*) de acuerdo al índice de madurez a razón de 14 °Brix y 1.14 mg. de ácido ascórbico para tener una muestra óptima para experimentación.

Aplicando un factorial 3 x 6, de acuerdo a las siguientes variables de estudio, (velocidad de concentración, ácido ascórbico y color) presentes en las muestras, las cuales fueron diluidas al 1 % y 2 % de maltodextrina; y una muestra sin maltodextrina, estas a su vez sometidas en tiempos de 8, 9, 10, 11, 12 y 13 min. con tres repeticiones cada muestra a experimentar.

### **3.3. Equipos, Materiales y Reactivos e Insumos de Laboratorio**

#### **3.3.1. Equipos**

- Microondas Samsung cheff inteticher Modelo :Ms 1260WD fabricado en Tailandia Serie :05187DDXA02508A
- Colorímetro Marca: Konica Minolta
- Balanza de gramos: digital Inter ikea systems B. V. 1999-20047 Made in china Cap. Max 3 kg. d=19
- Balanza científica Marca: Bac phi Electrónica Scale
- Balanza Científica Balanza digital de precisión Cap.100 g. Sensibilidad 0.01 g.
- Refractómetro: portable refractometer ATC. Color negro con plomo Capacidad 0 - 80 °brix 20 °C
- Licuadora marca: Oster de 3 niveles de fuerza
- Termómetro: Thermometer (CIE) 307 PB atería
- Potenciometro electronico Marca: Inolab de pH 730 sentix 81

#### **3.3.2. Materiales**

- Probeta 1 L. Ln 20 °C Plástico made in USA
- Probeta 50 ml. marca: FORTUNA Made in Germany
- Vaso 600 ml. marca: SCHOTT DURAN
- Vaso 250 ml. marca: SCHOTT DURAN Made in Germany Retroce code:01173478
- Vaso 200 ml. marca: SCHOTT DURAN Made in Germany
- Vaso 100 ml. marca: SCHOTT DURAN Made in Germany Retroce code: 01173478
- Vaso 50 ml. marca: SCHOTT DURAN Made in Germany
- Pipeta 10 ml. marca: MC. EX 20 °C LBT. Made in Germany
- Tubo de ensayo con tapas y boca de rosca
- Bagueta vidrio 25.5 cm. Marca: Fortuna
- Espátula Rostfrei /mango de madera y acero
- Gotero 3 ml. Plástico
- Fiola 100 ml. marca: Fortuna Made in Germany Ln 20 °C ± 100 ml Din NS 12/21 BORO 3.3
- Embudo de vidrio pequeño marca: Fortuna

- Soporte universal hierro fundido con plataforma
- Ganchos para soporte universal de acero con roscas de ajuste.
- Micro bureta 10 ml.
- Gradilla para tubos de ensayo de S/M.
- Pro pipeta D&N
- Pizeta S/M
- Tinajas Plásticas de 5 L.
- Jarra Plástica de 1 L.
- Cuchara de acero inoxidable.

### **3.3.3. Reactivos e insumos**

- Hidróxido de sodio (NaOH) 1 % N.
- Fenoftaleína
- Agua destilada
- Maltodextrina
- Ácido oxálico
- Ácido ascórbico.
- 2-6 Diclorofenolindofenol.

### **3.4. Metodologías**

#### **3.4.1. Metodología para evaporación del agua del zumo de aguaymanto y cálculo de la velocidad de evaporación.**

Se realizó tomando en consideración la metodología descrita por: Manrique *et al.*, (1993), cuya secuencia de pasos es la siguiente:

#### **Recepción.**

Los frutos de aguaymanto, fueron adquiridos del mercado de abasto del Distrito de Talavera, a razón de 20 kilos. Con un índice de madurez de 14 °Brix, color característico de fruto maduro y 1.14 mg. de ácido ascórbico por 100 ml. de zumo.

#### **Clasificación.**

Los frutos fueron seleccionados con cáscaras de acuerdo al grado de madurez, retirando los verdes y podridos a fin de contar solo con los frutos maduros y en buenas condiciones.

**Pelado o descascarado.**

Los frutos previamente fueron retirados manualmente de su cascara, cuidando de no dañarlas a fin de garantizar la integridad física de cada una de ellas, para su posterior manipulación en las otras operaciones.

**Lavado**

Consistió en eliminar todos los residuos y presencia de polvo, y algunos desechos que estaban impregnados en la piel del fruto, a fin de garantizar una calidad de zumo; esta operación se hizo con agua potable.

**Pesado.**

Se pesó el aguaymanto descascarado, para conocer la cantidad de pulpa con la cual trabajara.

**Extracción de zumo**

Se hizo en una licuadora oster a velocidad 2, hasta lograr obtener un líquido denso, operación que duró aproximadamente 3 a 4 min.

**Tamizado.**

Se realizó para separar de la pasta el zumo de aguaymanto empleando un tamiz. (Número 0.05 mm.)

**Envasado.**

Para conservar el zumo extraído; se envasó en envases de vidrio esterilizados a razón de litro para mantener la calidad del zumo.

**Almacenamiento.**

Se conservó a temperatura de 4 °C para su posterior empleo a fin de evitar una fermentación y degradación de sus compuestos.

**Acondicionamiento de muestras.**

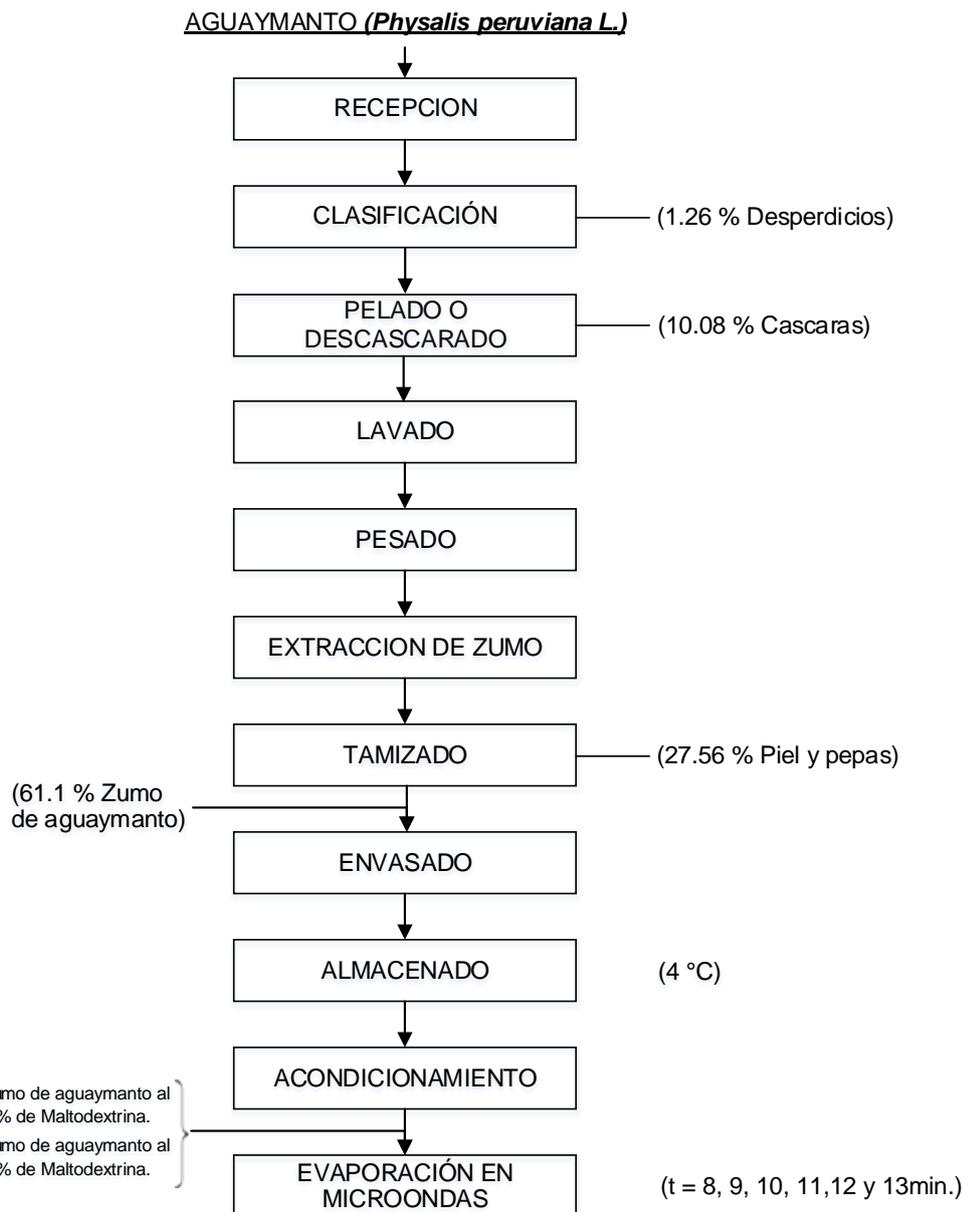
Se acondicionó la muestra para el ingreso al microondas; esta operación consistió en separar 3 muestras de 1 L. de zumo de aguaymanto a las cuales se les incorporó la maltodextrina, en las siguientes proporciones.

- Zumo de aguaymanto.
- Zumo de aguaymanto al 1 % de Maltodextrina.
- Zumo de aguaymanto al 2 % de Maltodextrina.

### Evaporación en microondas.

Se depositó en un beaker, a razón de 40 ml. de zumo, y se colocó en la cámara del microondas, donde se sometió a evaporación por tiempos de 8, 9,10, 11, 12 y 13 minutos para evaporar el agua del zumo, realizándose esta operación por triplicado.

La metodología para la concentración de zumo de aguaymanto en microondas se presenta en la Figura 12.



**Figura 12.** Flujograma para la concentración del zumo de aguaymanto en microondas.

### **3.4.2. Determinación de los grados Brix según el método de la AOAC (1999).**

- El zumo concentrado fue retirado del microondas y ordenado según al porcentaje de Maltodextrina, para una mejor evaluación de los grados brix.
- La cual se enfrió a temperatura de ambiente y fue cubierta con una tela de seda para evitar alguna contaminación de las muestras vecinas.
- Con una bagueta se homogenizo la muestra y se extrajo a la vez con ayuda de la pipeta, una muestra representativa para esta operación.
- Se depositó en el equipo refractómetro (prisma), calibrado y sin presencia de otras sustancias que puedan alterar los resultados. Se desliza el cubre objetos cuidadosamente presionando muy suavemente para expandir por todo el contorno la muestra a ser evaluada.
- A través del ocular se observo, el índice de refracción que indica la cantidad de sólidos solubles presentes en la muestra experimentada.
- Se reportó los resultados obtenidos por el instrumento (refractómetro).
- Datos que fueron llevados al software office de Excel para su posterior análisis.

### **3.4.3. Determinación del contenido de ácido-ascórbico por titulación visual Método del 2-6 diclorofenolindofenol (Loeffler y Pointing, 1942).**

- Preparación de las soluciones de ácido oxálico, ácido ascórbico y 2-6 dicloro indofenol.
- La preparación de la solución de ácido oxálico al 0.5 % para la cual se toma una fiola de capacidad de 100 ml. Donde se disuelve 0.5 g. de ácido oxálico para luego enrasar con agua destilada hasta la marca, posterior a este se asegura que el ácido oxálico se disuelva completamente esto con ligeros movimientos. El envase contiene una solución al 0.5 %.
- Se tomó una segunda fiola de la misma capacidad de 100 ml. donde se agrega 100 mg. de ácido ascórbico, posterior a este se añade la solución preparada anteriormente de ácido oxálico al 0.5 % enrasando nuevamente

hasta la marca que indica la fiola, y nos aseguramos que este quede completamente disuelta.

- La nueva solución generada será el estándar de trabajo, que tiene un porcentaje de 0.1 % de ácido ascórbico y es inestable por lo que se recomienda su uso inmediato.
  - Se tomó una tercera fiola, de la misma proporción donde se agregó 100 mg. de 2-6 diclorofenolindofenol, seguidamente se añade agua destilada hirviendo, enrasado hasta la marca de la fiola, con movimientos suaves nos aseguramos que este quede completamente disuelto y muy bien homogenizado ya que esta es la solución de titulación.
  - Una vez enfriado la muestra se embolvió con papel metálico evitando así algún contacto con la luz del ambiente y refrigerado a 10 °C hasta su utilización.
  - Las tres soluciones preparadas fueron codificadas para el análisis de ácido ascórbico: solución de ácido oxálico al 0.5 %, solución de ácido ascórbico al 0.1 % y Solución de 2-6 diclorofenolindofenol.
  - Se añadió 1 ml. de solución estándar (ácido ascórbico al 0.1 %) a un vaso precipitado de 50 ml.
  - Posterior con ayuda de una pipeta se extrajo 10 ml. de ácido oxálico al 0.5 % los cuales se añadieron al mismo vaso precipitado que contiene la solución estándar, se homogenizó ambas soluciones.
  - Se utilizó una microbureta de 10 ml. donde se vertió la solución de 2-6 dicloro indofenol con el cual se tituló la muestra estándar.
  - Se verificó el gasto ocasionado del 2-6 diclorofenolindofenol.
  - Se reemplazó los datos en la ecuación (07), calculando el equivalente en ácido ascórbico por ml. de solución 2.6- diclorofenolindofenol.
- $$T = \frac{1 \text{ ml. de ácido ascórbico}}{\text{ml. solución de 2-6 diclorofenolindofenol}} \quad (\text{EC.07})$$
- Nuevamente se tomó con una pipeta 2 ml. de zumo concentrado de aguaymanto, el cual se añadió a un vaso precipitado de 50 ml.

- Se añadió a la muestra 10 ml. de ácido oxálico y se tituló con el 2-6 diclorofenolindofenol, al finalizar la titulación nos indicó un cambio de color rosado débil, color que persistió por 10 - 15 segundos.
- Luego se observó gasto del diclorofenolindofenol al cual llamamos, gasto 1.
- En otro vaso precipitado de 50 ml. se añade 10 ml. ácido oxálico y se tituló con el 2-6 diclorofenolindofenol hasta un cambio de color que persista de 10 a 15 segundos donde se toma la lectura del gasto al cual también llamamos gasto 2.
- Se reemplazó los volúmenes de gasto en esta ecuación.

$$V = Gasto1 - Gasto2 \quad (EC. 08)$$

- Determinación de ácido ascórbico por titulación con 2,6-diclorofenolindofenol. Se utilizó la ecuación (09) donde se reemplaza todo los valores obtenidos de las ecuaciones (07) y (08). para obtener valores numéricos de concentración de ácido.

$$100 \text{ g. de muestra} = \left( \frac{V \cdot T}{W} \right) 100 \quad (EC. 09)$$

**Donde:**

- V : ml. de colorante utilizados para la titular una alícuota de muestra.  
 T : Equivalente de ácido ascórbico de la solución del colorante expresado en mg. por ml. de colorante.  
 W : g. de muestras en la alícuota titulada.

- Se registró los datos, los cuales son llevados al software office de Excel para su posterior análisis

**3.4.4. Determinación del color por metodología descrita por Wenceslao et al., (2012).**

- Las muestras de zumo concentrado de aguaymanto fueron colocadas independientemente en el porta muestras del colorímetro CR40 cónica minolta.
- Para la toma de los valores de color, el colorímetro CR40 fue calibrado según el manual del equipo y posterior a ello se realizaron las lecturas

colocando el visor del colorímetro directamente sobre la muestra de aguaymanto, obteniéndose de ello las coordenadas Y, X y Z. y las coordenadas a b c.

- La operación para determinar el color de las muestras de zumo concentrado, sometidas al microondas, se contó con un equipo, (colorímetro) que facilitó la recolección de los datos en coordenadas que determinaron el color de cada una de las 18 muestras. Estas fueron trasladadas al laboratorio de control de calidad, donde fueron ordenadas 0 %, 1 % y 2 % maltodextrina y al tiempo de concentración que estuvieron.
- Se procedió a la extracción, con la ayuda de una pipeta de 10 ml. donde se toma 5 mL. de zumo concentrado, y es depositada un vaso oscuros especial, para una mayor comodidad del colorímetro, esta operación se repite para cada muestra.
- Se cubre con la embocadura del colorímetro; para luego tomar los datos correspondientes de las coordenadas, del color del zumo concentrado.
- Los resultados tomados de las coordenadas fueron en una escala (X Y Z y Y X Y) a\*, b\* y L\* respetivamente las cuales fueron apuntadas según el orden de muestra. Estos datos corresponden al colorímetro.
- Los datos tomados fueron llevados al software office, excel para su análisis y comparación.

#### **3.4.5. Diseño experimental para la obtención y determinación de la velocidad de concentración en °brix, ácido ascórbico y color.**

- Variables independientes
- T1 Zumo de aguaymanto
- T2 Zumo de aguaymanto + maltodextrina 1 %.
- T3 Zumo de aguaymanto + maltodextrina 2 %.

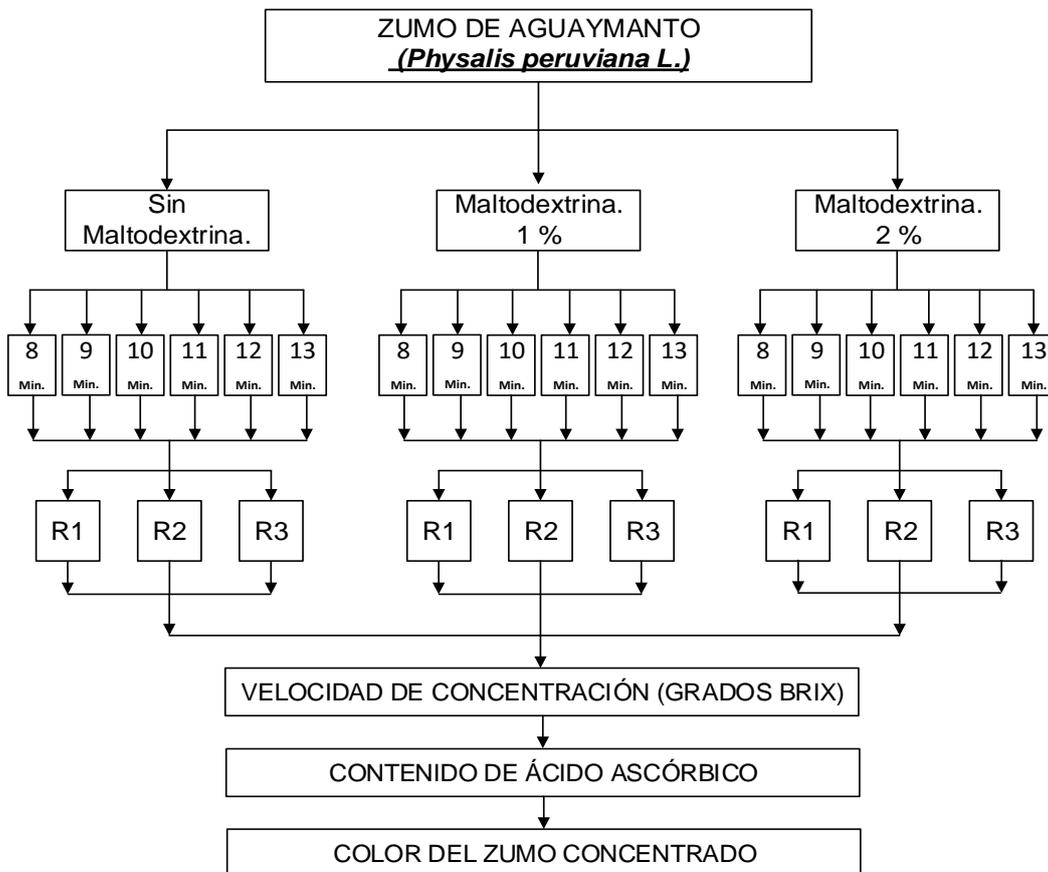
#### **Variables dependientes**

- Velocidad de concentración, expresados en grados Brix
- Ácido ascórbico
- Color.

### 3.4.5.1. Diseño experimental

El diseño experimental, corresponde a un arreglo factorial 3 x 6, debido a que se tiene 2 factores; el primero el % de maltodextrina con tres niveles (0 %, 1 % y 2 % maltodextrina) y el segundo factor el tiempo de concentración con 6 niveles (8, 9, 10, 11, 12 y 13 min.) por lo cual se tendrá 18 tratamientos con tres replicas, siendo un total 54 experimentos. A excepción del color q solo se realizó una réplica.

El esquema del diseño experimental se muestra en la Figura 13



Leyenda

- Ruta de ingresos..... →
- Muestras en tiempos..... 

8	9	10	11	12	13
Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
- Réplica del tratamiento..... 

R1	R2	R3
----	----	----

**Figura 13.** Diagrama de contrastación y variables

Asimismo para la comparación múltiple, se utilizó el test Tukey debido que este test es más conservador, esto es, consideran desviaciones estándar debido a errores no controlables.

## CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Velocidad de concentración del zumo de aguaymanto.

Los valores de la variación de la concentración en °Brix del zumo de aguaymanto, sometidos a diferentes tiempos en microondas y para las concentraciones de maltodextrina aplicada, se muestran en la Tabla 3, en ella se observa que con el incremento de la adición de maltodextrina se logra mayor concentración del zumo.

Por otra parte se aprecia que existe alto incremento de hasta 30 °Brix, en la concentración del zumo durante los primeros 8 minutos para todos los casos, mientras a los 11 minutos el zumo al 2 %, logra mayor concentración del 62.7 %.

Tabla 3. Variación de la concentración del zumo de aguaymanto

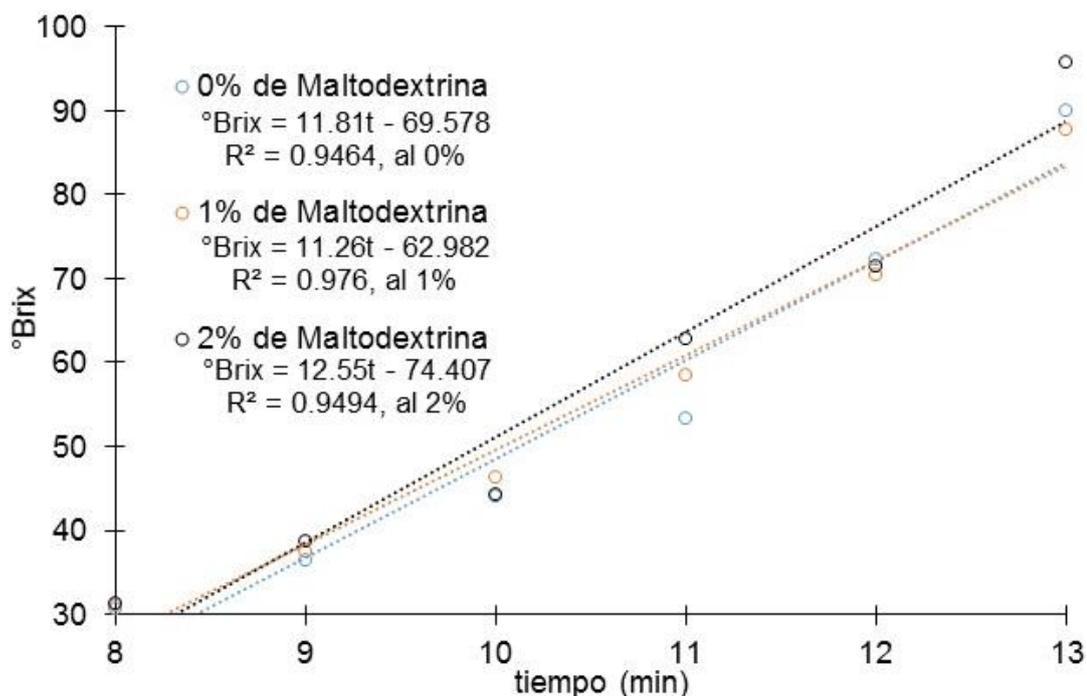
T(min)	°Brix del zumo								
	0 %			1 %			2 %		
	Maltodextrina			Maltodextrina			Maltodextrina		
0	14.0	±	0.0	14.0	±	0.0	14.0	±	0.0
8	30.6	±	4.3	31.0	±	3.8	31.3	±	5.0
9	36.5	±	3.4	37.5	±	4.4	38.7	±	5.7
10	44.0	±	6.0	46.3	±	3.7	44.3	±	2.9
11	53.3	±	5.6	58.4	±	10.5	62.7	±	12.1
12	72.3	±	3.5	70.4	±	8.6	71.5	±	4.3
13	89.9	±	6.4	87.7	±	11.0	95.8	±	5.6

Donde:  $\bar{x}$ , es la media; s, es la desviación estándar.

Los datos de las réplicas de la concentración de sólidos expresados en °Brix, se muestran en el Anexo 2

En la Figura 14, se observa la variación de la concentración del zumo con el tiempo, se aprecia que el incremento de la concentración del zumo es lineal, para los tres casos de adición de maltodextrina, aunque para la adición de 2 % este es ligeramente mayor, esto se evidencia en la pendiente de la ecuación ajustada, que puede ser considerada como la velocidad de concentración, calculada a través de regresión lineal con coeficientes de correlación  $R^2$  mayores a 0.94, cuyos valores se muestran en la Tabla 4, es así que resulta que la velocidad de concentración a 2 % de maltodextrina es mayor, siendo 12.55 °Brix / min. seguido de zumo concentrado al 0 % cuyo valor es 11.81 °Brix / min.

Los datos obtenidos son confiables y el modelo determinado nos dan la validez del estudio, debido a que el coeficiente de variabilidad determinado fue de 11.10 %, valores que están dentro de lo recomendado por (Barreto y Raun, 1990; Bowman y Watson, 1997).



**Figura 14.** Variación de la concentración del zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina

Tabla 4. Velocidades de concentración del zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina

Maltodextrina (%)	Ecuación	R <sup>2</sup>	Velocidad de concentración (°Brix / min)
0	$^{\circ}\text{Brix} = 11.81t - 69.578$	0.946	11.81
1	$^{\circ}\text{Brix} = 11.26t - 62.982$	0.976	11.25
2	$^{\circ}\text{Brix} = 12.55t - 74.407$	0.945	12.55

En la Tabla 5, se observa que los datos estimados en unos casos no evidencia diferencias frente al valor real y en otros los datos fueron mejor ajustados y se encuentran dentro de los límites de confianza determinados para el estudio cuyo comportamiento de °Brix frente al % de maltodextrina y tiempo de concentración.

Tabla 5. Valores experimentales y estimado de concentración de °Brix

Tiempo (min)	Valores de °Brix experimentales			Valores de °Brix Estimados		
	0 %	1 %	2 %	0 %	1 %	2 %
8	31	31	31	24.17	25.65	27.13
9	36	38	39	36.10	37.58	39.06
10	44	46	44	48.03	49.51	50.99
11	53	58	63	59.96	61.44	62.92
12	72	70	72	71.89	73.37	74.85
13	90	88	96	83.82	85.30	86.78

Al realizar el análisis de varianza – ANOVA (Tabla 6), al 95 % de nivel de confianza, se considera que el tiempo de exposición al proceso de concentración en microondas afecta significativamente en la concentración de sólidos solubles más no así el empleo de maltodextrina en 1 y 2 % así como el zumo de aguaymanto sin maltodextrina.

Por otra parte, la interacción tiempo - % maltodextrina, no presento diferencias estadísticas significativas al 95 % de nivel de confianza, muy posiblemente tanto el empleo de maltodextrina y el tiempo de concentración actúan independientemente en la concentración de sólidos del zumo de aguaymanto es decir no tendrán efecto asociado sobre la concentración de sólidos solubles.

Tabla 6. Efectos de las variables e interacciones en la concentración del zumo

Efectos	Valor- P	Nivel de significancia*	Decisión
t (min)	0.000	0.05	Presenta efecto significativo
% Maltodextrina	0.3775	0.05	No presenta efecto significativo
interacción (t - % Malt)	0.9395	0.05	No presenta efecto significativo

\*Los cálculos se muestran en el Anexo 3.

En el Tabla 7, se presenta los resultados de las comparaciones múltiples de Tukey, para el tiempo de concentración del zumo de aguaymanto, observándose que no existe diferencia significativa de la concentración para los tiempos 8 y 9 min, de la misma manera sucede para tiempos de 9 y 10 cuatro a un nivel de significancia del 95 % de nivel de confianza en los grados brix del zumo de aguaymanto, mientras que en los demás casos se muestra diferencia significativa en la concentración de sólidos solubles en el cual se incrementa en

el tiempo. Lográndose concentrar a 8 minutos de 14 °Brix, a 30.64 °Brix con incremento de 16.44 °Brix, a los 8, 9,10, 11, 12 y 13 se lograron incrementos de 22.78; 30.7; 44.59; 57.72 y 76.41 en la concentración de grados Brix respectivamente.

Tabla 7. Comparación múltiple de DUNCAN para ° Brix a diferentes tiempos

Tiempo	Casos	Media L	Sigma LS	Grupos Homogéneos
8	9	30.6444	2.05255	F
9	9	36.7778	2.05255	E
10	9	44.7000	2.05255	D
11	9	58.5889	2.05255	C
12	9	71.7222	2.05255	B
13	9	90.4111	2.05255	A

En el Tabla 8, se presentan los sólidos solubles en promedios a las concentraciones; donde se observa el comportamiento de acuerdo al orden creciente que inicia del 2 % de maltodextrina, seguido de 0 % y 1 % respectivamente.

Tabla 8. Comparaciones múltiples de DUNCAN para % de matodextrina

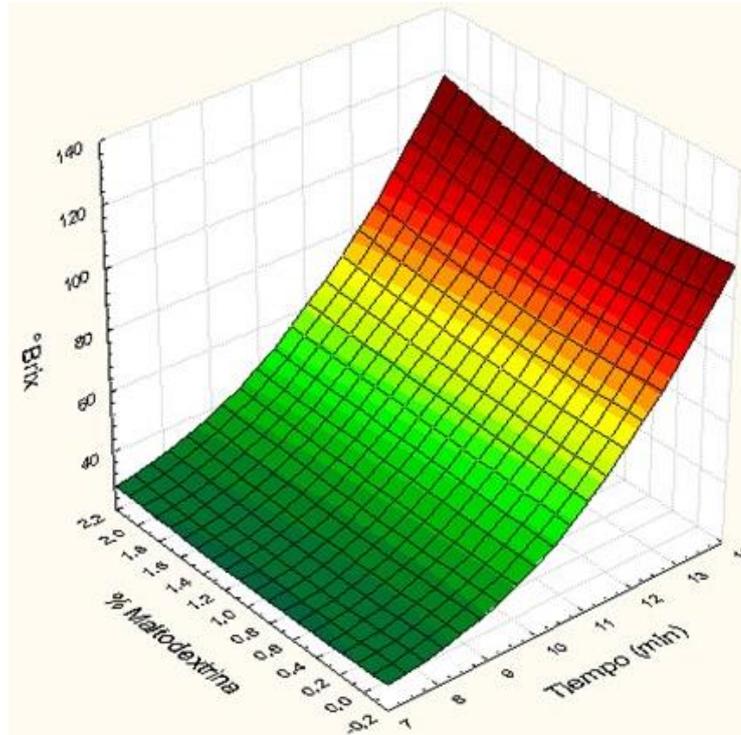
Replicas	Maltodextrina		
	0 %	1 %	2 %
1	10.0143	9.7457	11.0829
2	11.9143	12.2714	14.0714
3	13.5000	11.7571	12.5000

Al realizar la regresión múltiple los datos (Anexo 03) de tiempo de concentración y porcentaje de maltodextrina para los °Brix experimentales, se obtuvo un modelo (ecuación 10) que explica el 90.04 % del estudio, al 95 % de nivel de confianza. Para lograr estimar en futuros estudio se presenta la ecuación ajustada las que puede emplearse para estimar valores dentro de los tiempos y porcentajes de maltodextrina estudiados, es decir dentro de los intervalos de 8 a 13 minutos y 0 % a 2 % para la concentración de zumo de aguaymanto.

Asimismo se aprecia en la Figura 15, que se obtiene concentraciones mayores a 60 °Brix del zumo de aguaymanto a tiempos superiores de 10 min.

aunque la adición de maltodextrina no influye significativamente, tal como se evidencio en el ANOVA.

$$\text{Brix} = -71.2731 + 11.9302 \cdot t + 1.48056 \cdot (\% \text{ Maltodextrina}) \quad (\text{EC. 10})$$



**Figura 15.** Comportamiento de °Brix frente al % de maltodextrina y tiempo de concentración.

#### 4.2. Contenido de ácido - ascórbico

En la Tabla 9, se aprecia los resultados de la variación del contenido de ácido ascórbico durante el tiempo de concentración del zumo de aguaymanto sometido a microondas, incrementándose el ácido ascórbico con el tiempo, desde un valor de 1.14 a 56.68 mg. / 100 ml. sin la adición de maltodextrina, de 1.14 a 69.35 mg. /100 ml. para 1 % de adición de maltodextrina y de 1.14 a 72.3 mg. / 100 ml, por otra parte también sucede un incremento del contenido de ácido con el incremento de adición de maltodextrina, siendo que a los 13 minutos se logró 56.68 mg. / 100 ml. a 0 % de maltodextrina a 72.31 mg. / 100 ml. a 2 % de adición de maltodextrina.

Tabla 9. Variación del contenido de ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto

t(min)	mg. ácido ascórbico / 100 mL.					
	0 %		1 %		2 %	
	Maltodextrina		Maltodextrina		Maltodextrina	
0	1.14	± 0.00	1.14	± 0.00	1.14	± 0.00
8	7.67	± 6.03	9.68	± 3.53	11.47	± 5.22
9	18.61	± 0.60	18.19	± 4.44	19.27	± 5.28
10	25.99	± 1.00	28.41	± 10.47	30.73	± 6.61
11	40.63	± 2.01	44.80	± 16.87	48.57	± 16.61
12	48.30	± 7.23	60.93	± 27.79	64.25	± 13.30
13	56.68	± 3.42	69.35	± 15.24	72.31	± 11.82

Donde:  $\bar{x}$ , es la media; s, es la desviación estándar.

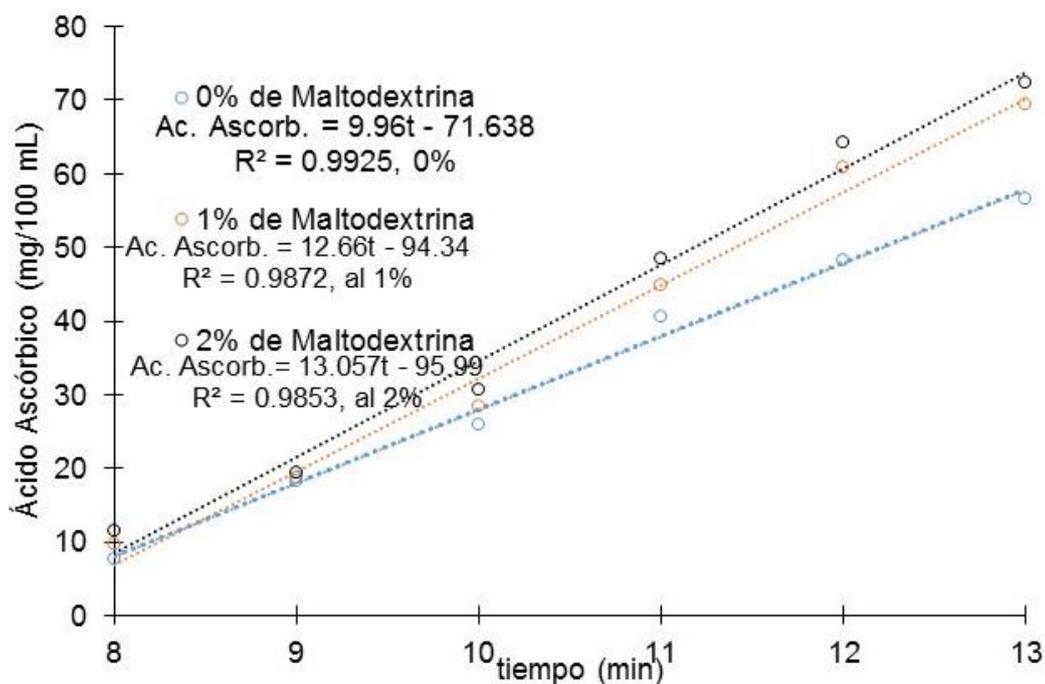
Los datos de las réplicas del contenido de ácido ascórbico se muestran en el Anexo 2.2

Este mismo hecho se aprecia en la Figura 16, donde se observa que la pendiente de las rectas se incrementan con la adición de maltodextrina, evidenciando que maltodextrina encapsula el ácido ascórbico del zumo de aguaymanto. Así al realizar el ajuste por regresión lineal, con valores de  $R^2$  mayores a 0.98, los resultados de las ecuaciones ajustadas se presentan en la Tabla 10, en ella se aprecia que la pendiente o razón de concentración de ácido ascórbico o velocidad de concentración de ácido ascórbico, se incrementa con la adición de maltodextrina siendo a 0 % la razón de 9,96 mg. / min. hasta 13.06 mg/min a 2 % de maltodextrina.

Goula y Adamopoulos (2006), observaron que la velocidad concentración incrementó con la reducción del contenido de humedad. El mecanismo por el cual se explican este fenómeno es porque a medida que el contenido de humedad disminuye, el ácido ascórbico en la muestra se vuelve más concentrado. El efecto predominante que tiene la temperatura sobre la degradación del ácido ascórbico fue reportado por Villota y Karel (1998). En la presente investigación, se analizó el efecto de ciertas variables, sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos, el tiempo fue la que demostró tener el efecto predominante sobre el mecanismo concentración (Figura 16).

Según Koutchma y col. (2002). Observaron que los zumos al ser sometidos a diferentes tratamientos térmicos como irradiaciones Gamma,

irradiaciones UV y calentamiento en microondas, experimentaban pérdidas de ácido ascórbico entre un 18 % y 89 %. En la investigación se puede apreciar en la en la Figura 16, 17 y 18.



**Figura 16.** Variación del contenido de ácido ascórbico en el zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina.

Tabla 10. Velocidades de concentración de ácido ascórbico del zumo a diferentes porcentajes de maltodextrina

Maltodextrina (%)	Ecuación	R <sup>2</sup>	Velocidad de concentración (°Brix /min)
0	Á.A. = 9.96t - 71.64	0.993	9.96
1	Á.A. = 12.66t - 94.34	0.987	12.66
2	Á.A. = 13.06t - 95.99	0.985	13.06

Dónde: Á.A., ácido ascórbico en mg / 100 ml.

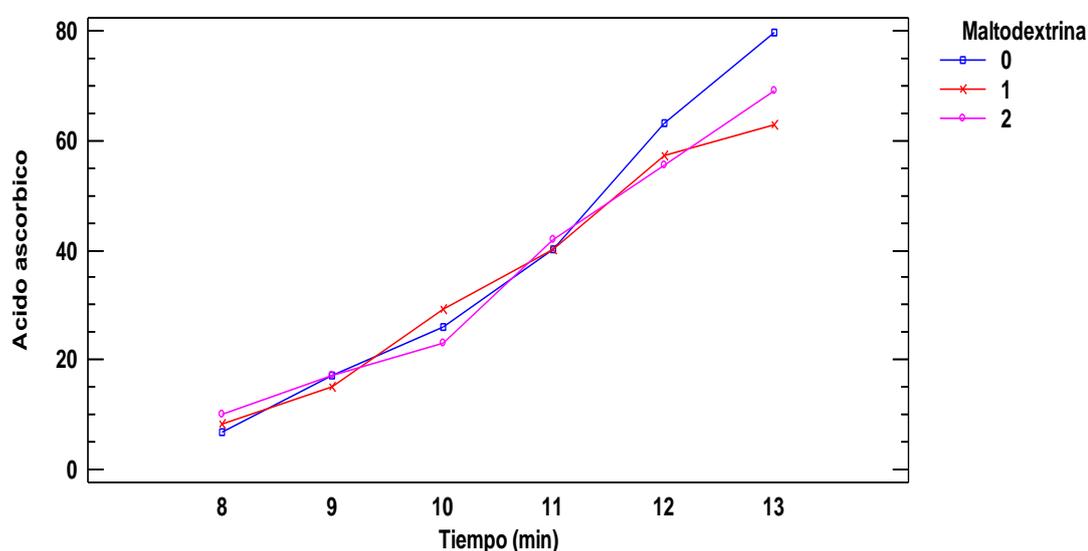
El análisis de varianza del contenido de ácido ascórbico (Tabla 11), donde se observa que el tiempo influyó considerablemente en la concentración del ácido ascórbico al 95 % probabilidades de confianza que determinan, que a medida que el tiempo sube el contenido de ácido ascórbico será mucho mayor,

por lo cual se presenta un grupo bien diferenciado en el promedio de la concentración de ácido ascórbico.

Tabla 11. Efectos de las variables e interacciones en el contenido de ácido ascórbico del zumo

Efectos	Valor-P	Nivel de significancia*	Decisión
t (min)	0.0000	0.05	Presenta efecto significativo
% Maltodextrina	0.8656	0.05	No presenta efecto significativo
interacción (t- %Malt)	0.9991	0.05	No presenta efecto significativo

\*Los cálculos se muestran en el Anexo 3.2.

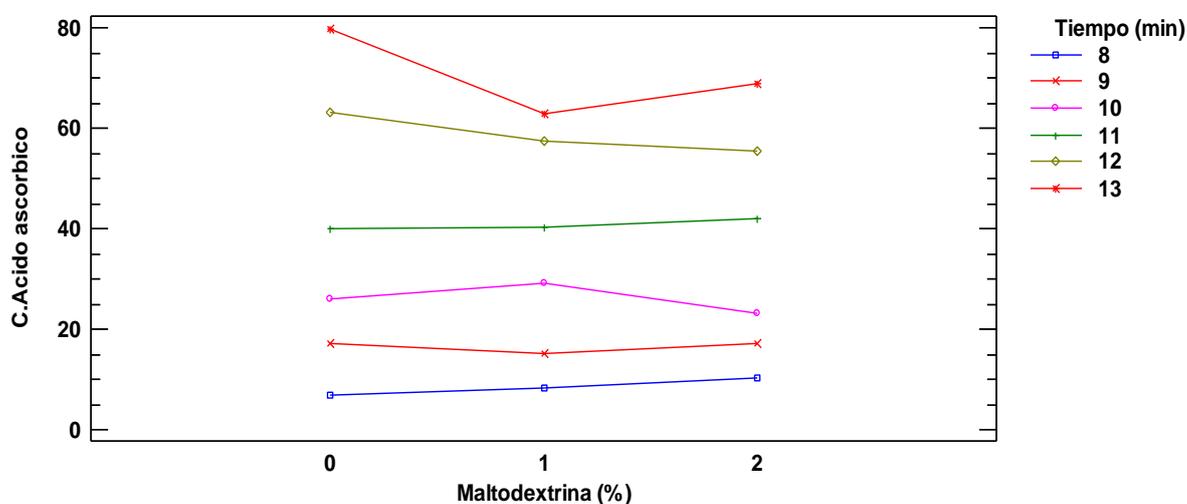


**Figura 17.** Efecto del tiempo en la concentración del ácido ascórbico.

Es así que en la Figura 17, se aprecia el efecto del tiempo en la concentración de ácido ascórbico, siendo este significativo al 95 % de nivel de confianza, asimismo se observa que el empleo de la maltodextrina reduce la tasa de concentración de ácido ascórbico obteniéndose valores de tasa de cambio. Este resultado obtenido nos indica que el tratamiento térmico sometido al microondas afecta directamente al muestras de 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina para finalmente ser analizadas estas propiedades, permitiendo concentrar los atributos propios del zumo de aguaymanto debido a específicamente a las cualidades de la fruta. Además, ponen de manifiesto que alrededor de una concentración de los tiempo 8, 9, 10, 11, 12 y 13 min. Es capaz de concentrar ácido ascórbico cuando se expone a los intervalos de temperatura registrada

durante el tiempo que duró el tratamiento, este hecho se debe a la distribución de calor que permite eliminar agua por evaporación a través de las microondas, la concentración es uno de los atributos de las temperaturas y la relación del tiempo para obtener muestras de calidad, el ácido ascórbico, es uno de los aspectos que más repercute en la calidad final del producto tratado.

Por otra parte en la Figura 18, se muestra los datos obtenidos de la concentración del zumo de aguaymanto al 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina, indica que no existen diferencias al 95 % de confiabilidad por lo que la maltodextrina, no influye directamente, sobre el contenido de ácido ascórbico, tal como se evidencio en el ANOVA mostrado en la Tabla 10.



**Figura 18.** Interacción de maltodextrina y tiempo en el contenido de ácido ascórbico.

En la Tabla 12, se muestra la comparación múltiple de Duncan, observándose que las muestras al 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina sometidos a diferentes tiempos se concentra ácido ascórbico, a los tiempos de 8, 9, 10, 11, 12 y 13 min. eliminando agua por medio de la evaporación. Durante él estudió el contenido de ácido ascórbico producido por las condiciones de trabajo en función de tiempo; muestran diferencias estadísticas al 95 % de nivel de confianza en ella se nota grupos diferentes, pero con mayor contenido de ácido ascórbico; la muestra a los 13 minutos con 70.481 mg. /100 ml. de zumo y determinándose menor cantidad de ácido ascórbico en la muestra a 8 minutos con 8.52 mg. / 100 ml. de zumo.

Tabla 12. Comparaciones múltiples de Duncan del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto a diferente tiempo de concentraciones

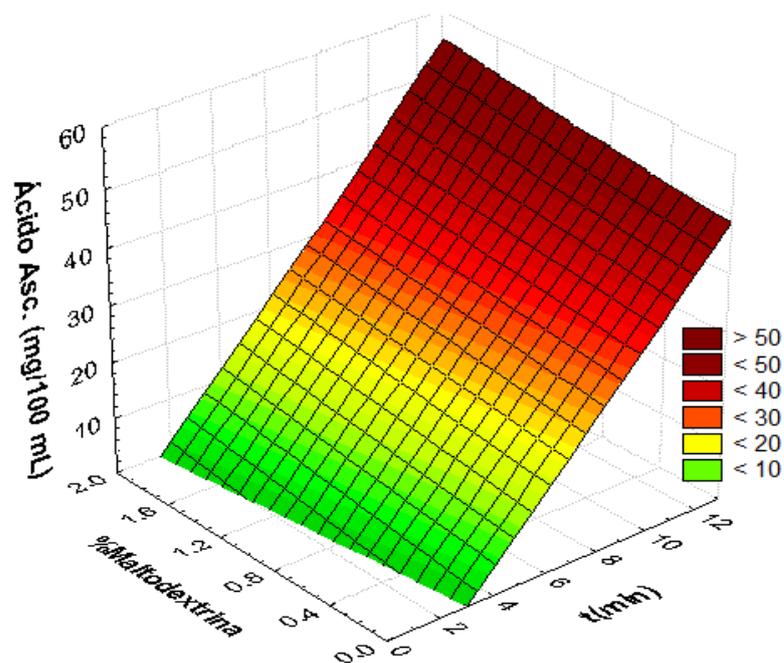
Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
8	9	8.51458	6.593	D
9	9	16.5044	6.593	D
10	9	26.0817	6.593	DC
11	9	40.7333	6.593	CB
12	9	58.7013	6.593	BA
13	9	70.48	6.593	A

Los cálculos se muestran en el Anexo 3.2.

Al realizar la regresión múltiple (Anexo 03) de tiempo de concentración y porcentaje de maltodextrina para el contenido de ácido ascórbico experimental, se obtuvo un modelo (ecuación 11) que explica el 90.04 % del estudio, al 95 % de nivel de confianza. Para lograr estimar en futuros estudio se presenta la ecuación ajustada las que puede emplearse para estimar valores dentro de los tiempos y porcentajes de maltodextrina estudiados, es decir dentro de los intervalos de 8 a 13 minutos y 0 % a 2 % para la concentración de zumo de aguaymanto.

Asi mismo se aprecia en la Figura 19, que se obtiene altos contenidos de ácido ascórbico a medida que se incrementa el tiempo, y como es evidente la adición de maltodextrina no influye significativamente, tal como se evidencio en el ANOVA.

$$\text{Ácido Asc. (mg. / 100 mL.)} = -14.773 + 4.867 * t + 3.38 * (\% \text{ Maltodextrina}) \quad (\text{EC. 11})$$



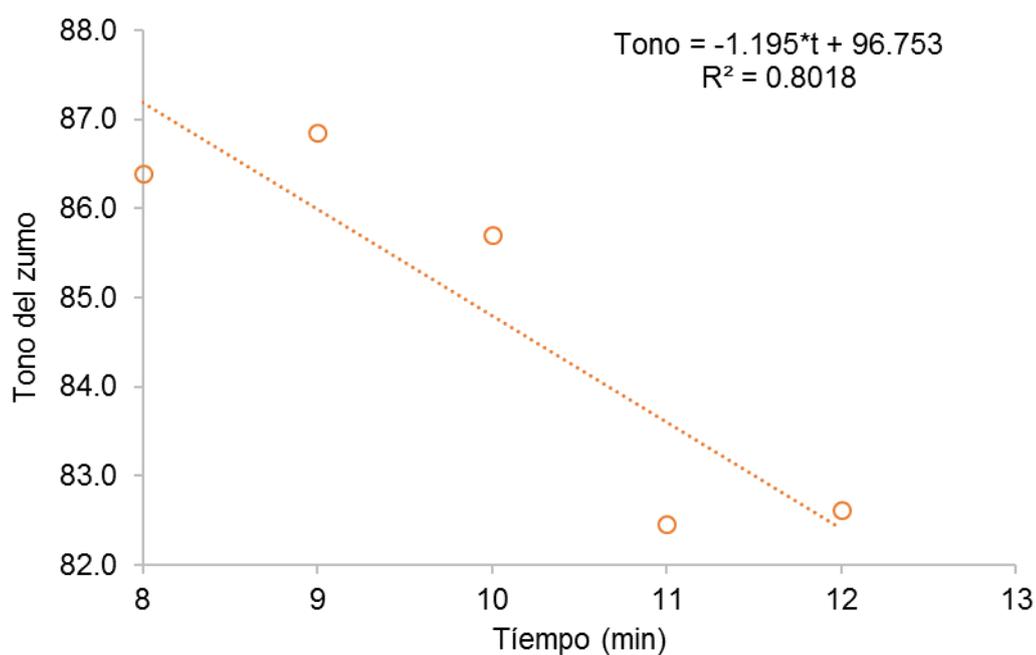
**Figura 19.** Comportamiento del contenido de ácido ascórbico frente al % de maltodextrina y tiempo de concentración.

#### 4.3. Color del zumo de aguaymanto durante el proceso de concentración

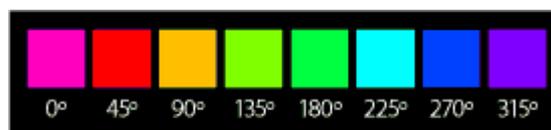
En el Anexo 2.3 se presentan los resultados de los valores de color determinados en el zumo de aguaymanto a 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina, en la Tabla 13, se observa el comportamiento del tono a 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina en función al tiempo de concentración del zumo de aguaymanto, mostrando que el tono tiende a disminuir a medida que el tiempo de evaporación se incrementa con 1.195 de tasa de cambio al 1 % de maltodextrina como se observa en la Figura 20, seguida por el 2 % M y 0 % M. con 1.5375 y 1.5842 respectivamente, es así que el ángulo de tonalidad se encuentra alrededor de 90° del tono amarillo, tal como se muestra en la Figura 21, lo que indica que la coloración pasa de un amarillo opaco a un amarillo intenso; en el zumo de aguaymanto concentrado a diferentes tiempos, resaltando que a 1 % de maltodextrina y 8 min el color en el zumo de aguaymanto presenta un cambio de 86.39 %; en tanto a 13 min el color amarillo cambia en un 66.60 % con diferencia marcadas entre ambos, efecto que es posible observa en la Tabla 13.

Tabla 13. Tono y croma o saturación del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) con maltodextrina

Tiempo (min)	TONO			CROMA		
	0 %	1 %	2 %	0 %	1 %	2 %
8	88.19	86.39	86.38	32.26	78.91	83.64
9	86.26	86.85	86.07	91.83	69.12	90.37
10	85.43	85.70	84.16	115.68	96.97	128.92
11	83.14	82.46	83.18	156.73	151.67	119.51
12	81.82	82.61	80.14	173.37	163.27	177.30
13	74.81	66.60	78.99	278.22	259.92	175.47



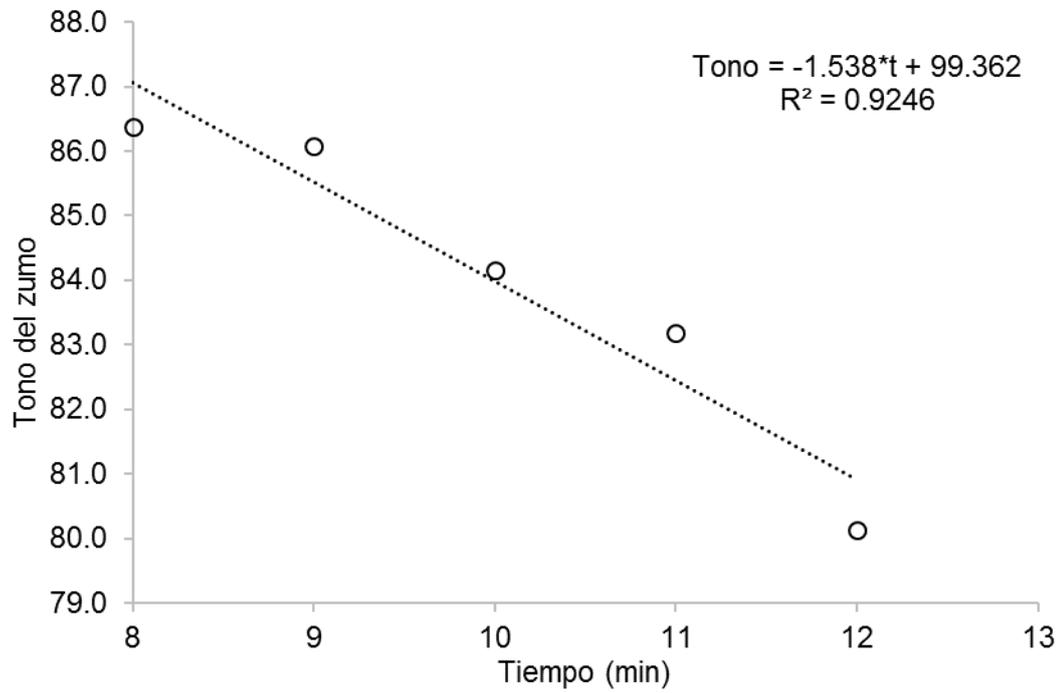
**Figura 20.** Tono del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina



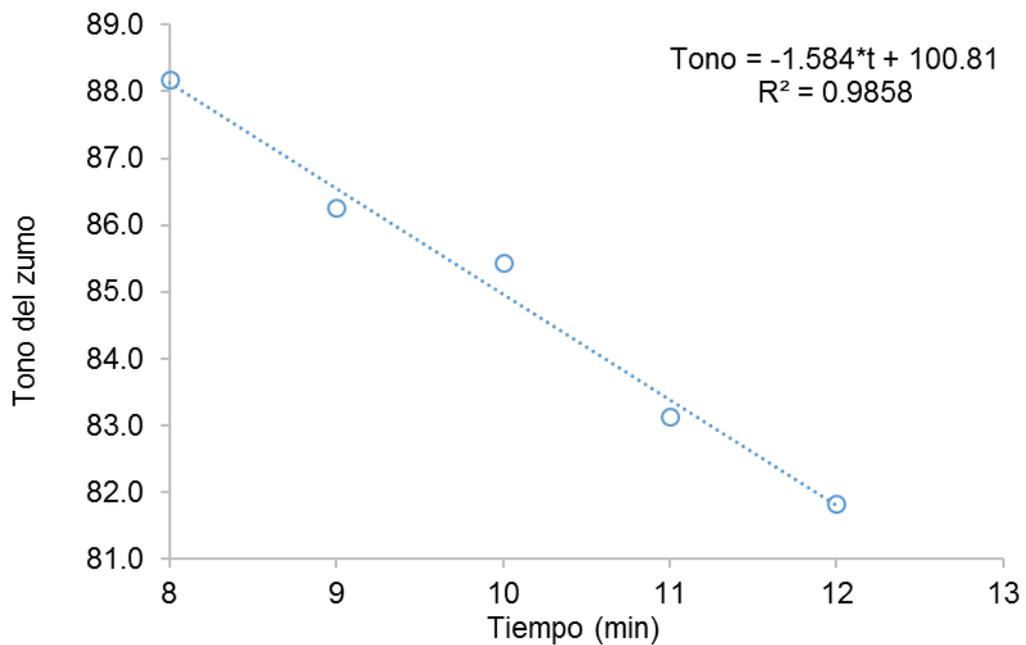
**Figura 21.** Valor del ángulo de tono (Boscarol, 2007).

La variación del tono en el tiempo de concentración del zumo al 2 % de maltodextrina, presenta una tasa de cambio 1.538, observándose que supera al

0 % de maltodextrina, que presenta un valor 1.584. Esto se puede apreciar en la Figura 22 y 23.



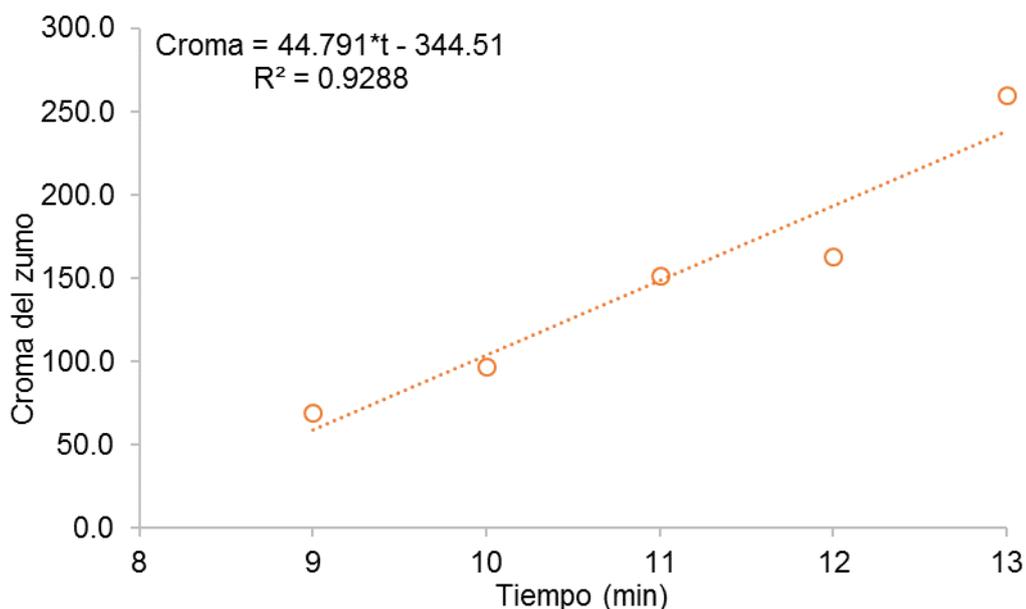
**Figura 22.** Tono del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina



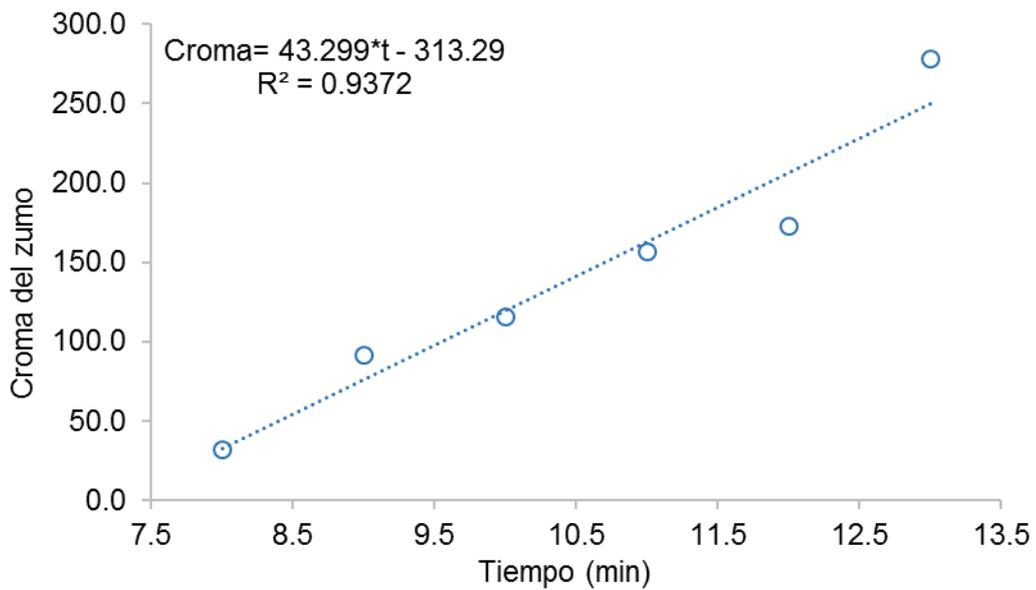
**Figura 23.** Tono del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina.

En la Tabla 13, se observa el comportamiento del croma a 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina en función al tiempo, concentración del zumo aguaymanto. El valor del croma tiende a subir a medida que el tiempo de evaporación incrementa de una de tasa de cambio 44.791 al 1 % de maltodextrina, tal como se presenta en la Figura 24, seguido por el 0 % y 2 % maltodextrina con 43.299 y 20.301 respectivamente, como se observa en las Figuras 25 y 26; la saturación del color a menudo que el tiempo pasa, se concentra mucho más existiendo un incremento de cromaticidad, espectral del color que va desde los tonos pálidos, apagados a los más fuertes y vivos del zumo de aguaymanto concentrado en los diferentes tiempos, por lo que se describe que al 1 % de maltodextrina a 8 min. presentando un valor 78.91 mientras que a los 13 min. cambia radicalmente a 259.92 existiendo una gran diferencia, tal como se muestra en la Tabla 13, los valores del croma del zumo de aguaymanto por tanto se muestra una tendencia directamente proporcional.

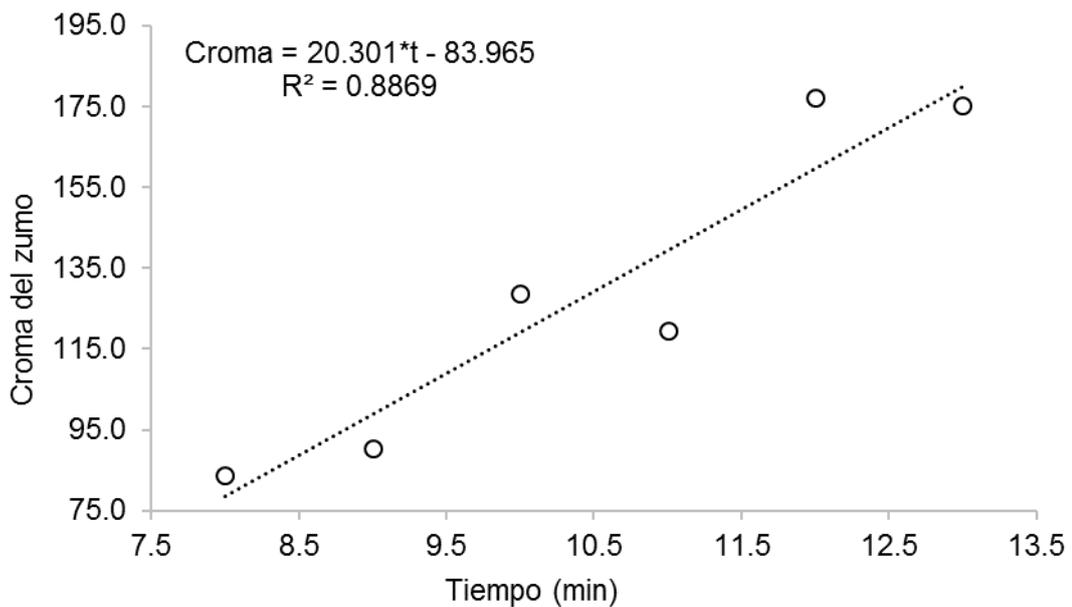
De igual forma sucede con los con las concentraciones de 0 % y 2 % maltodextrina donde cada valor de tiempo de 8 y 13 min. Cambia a menudo que este se aumenta, las variaciones son significativamente proporcional.



**Figura 24.** Croma del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina.



**Figura 25.** Croma del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina.



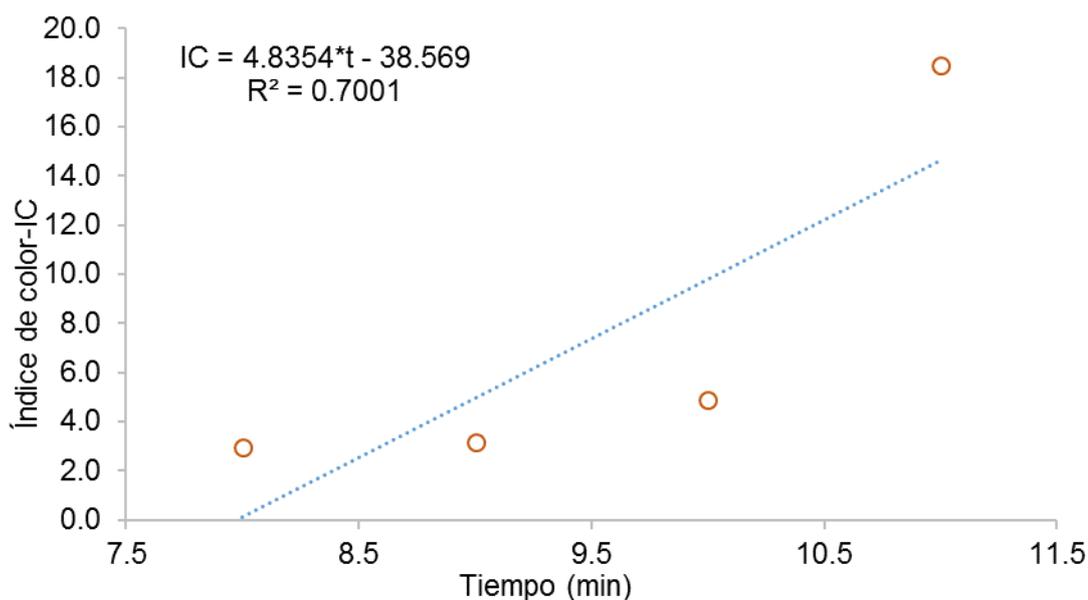
**Figura 26.** Croma del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina.

En la Tabla 14, se observa el comportamiento de índice de color al 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina en función al tiempo, la concentración del zumo aguaymanto. El valor del índice tiende a subir a medida que el tiempo de evaporación incrementa de una de tasa de cambio 4.8354 al 2 % de maltodextrina, tal como se aprecia en la Figura 27, seguido por el 1 % y 0 % maltodextrina con cuyos índices fluctuaron entre 3.597 y 1.8144 estos valores

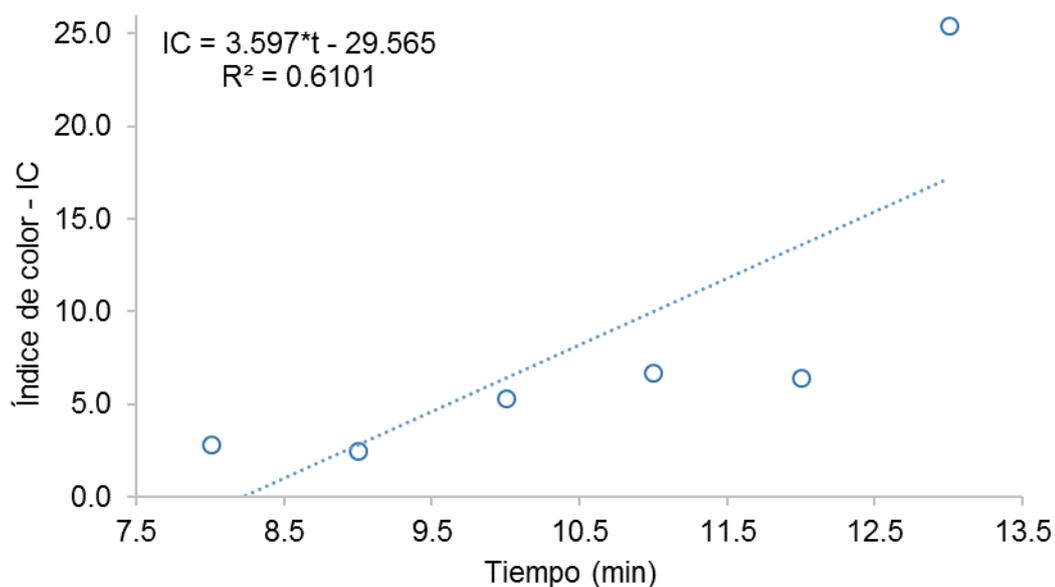
dan referencia a la pureza del color amarillo en el zumo concentrado de aguaymanto respectivamente, como se observa en las Figuras 28 y 29; en su estudio, Dasilva *et al.*, (2011), reportaron la aplicación en índice de madurez determina el fin de la vida útil, simultáneo con la baja visual, por lo que se describe que al 2 % de maltodextrina a los 8 min presenta un valor 2.94 mientras a los 13 min. cambia simultáneamente a 10.55 existiendo una gran diferencia, tal como se muestra en la Tabla 14, los valores del índice de color del zumo de aguaymanto mostrándose una tendencia directamente proporcional.

Tabla 14. Índice de pardeamiento y relación de  $a^* / b^*$  del zumo a aguaymanto

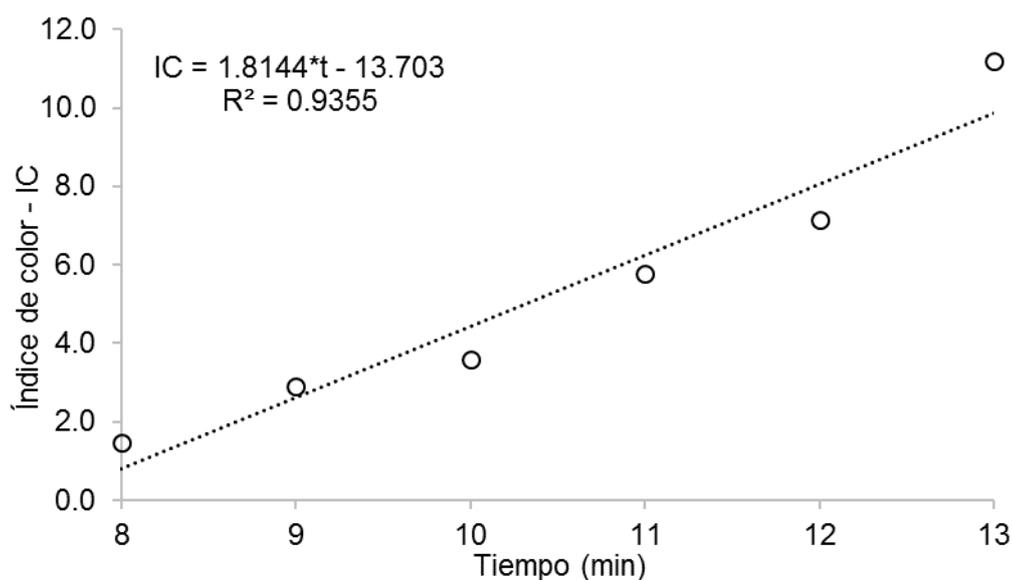
Tiempo (min)	IC			Relación $a^* / b^*$		
	0 %	1 %	2 %	0 %	1 %	2 %
8	1.46	2.86	2.94	0.032	0.063	0.063
9	2.92	2.49	3.17	0.065	0.055	0.069
10	3.60	5.35	4.88	0.080	0.075	0.102
11	5.78	6.71	18.48	0.120	0.132	0.120
12	7.16	6.41	9.18	0.144	0.130	0.174
13	11.18	25.42	10.55	0.272	0.433	0.194



**Figura 27.** Índice de color del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina



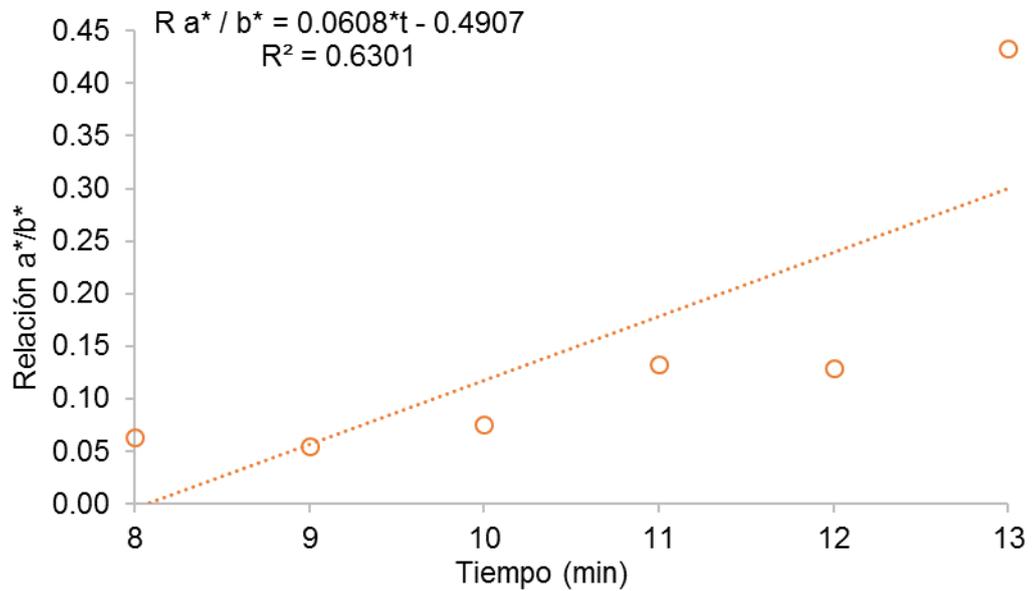
**Figura 28.** Índice de color del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina



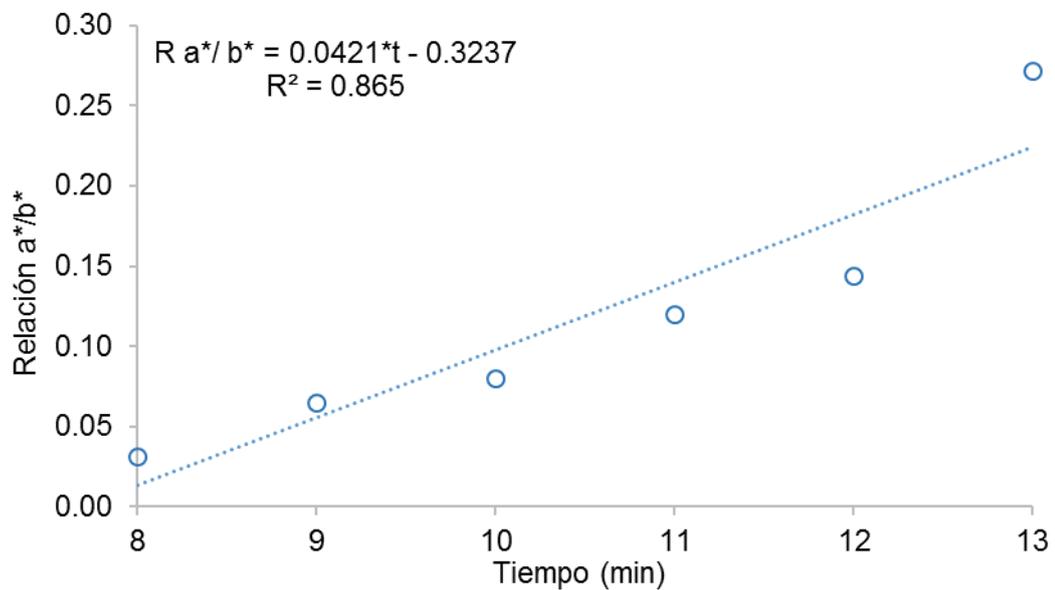
**Figura 29.** Índice de color del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina.

Asimismo en la Tabla 14, se muestran los valores de la Relación  $a^* / b^*$  dentro ellas las concentraciones al 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina en función al tiempo, del zumo aguaymanto, que determinan el cambio de tasa 0.0608 de 1 % de maltodextrina, tal como se presenta en la Figura 30, seguido por el 0 y 2 % maltodextrina con cuyos índices fluctuaron entre 0.0421 y 0.0283 tal como se muestra en la Tabla 31 y 32 respectivamente. La sustitución de maltodextrina al 1 %, a los 8 min. presenta un valor 0.063, mientras a los 13 min. cambia

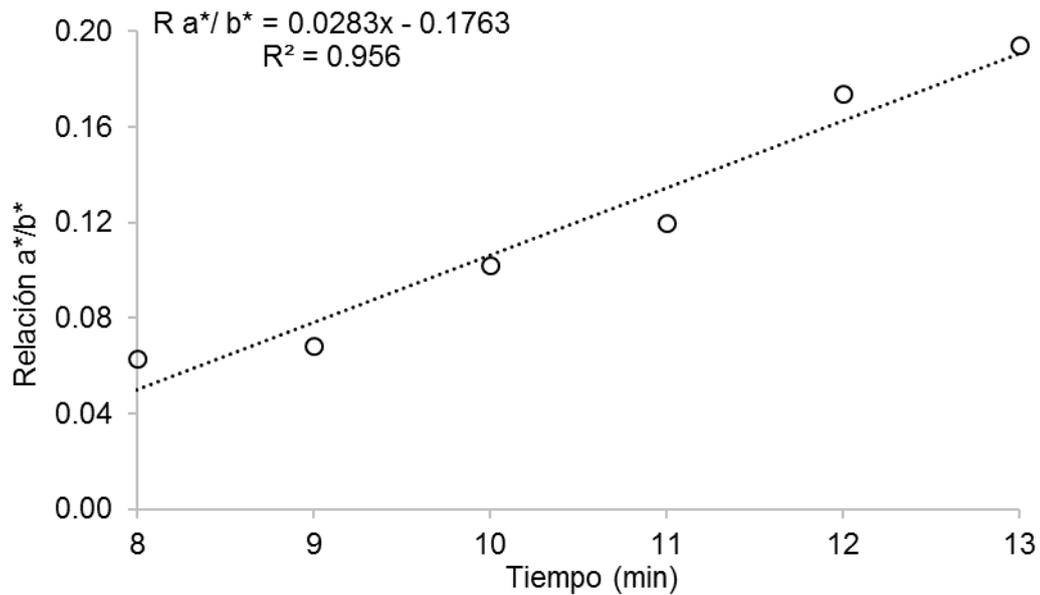
simultáneamente a 10.55 existiendo una gran diferencia, tal como se muestra en la Tabla 14, los valores del índice de color del zumo de aguaymanto mostrándose una tendencia directamente proporcional.



**Figura 30.** Relación  $a^*/b^*$  del zumo de aguaymanto al 1 % de maltodextrina.



**Figura 31.** Relación  $a^*/b^*$  del zumo de aguaymanto al 0 % de maltodextrina



**Figura 32.** Relación a\* / b\* del zumo de aguaymanto al 2 % de maltodextrina.

Los parámetros de color obtenidos en las muestras del zumo de aguaymanto procesadas se presentan en la Tablas 13, donde se muestran los datos de tono y cromo estos al 0 %, 1 % y 2 % de maltodextrina. En las mismas, comparten el mismo experimento sometidos a la potencia 2

En la Figura 20, 22 y 23 se muestran el descenso del tono a menudo que el tiempo se aumenta a diferencia del cromo que muestra en las Figuras 24, 25 y 26 sufre un crecimiento con respecto al tiempo; esto mostrando las muestras los resultados de la luminosidad. No se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en este parámetro para los diferentes métodos aplicados. Con respecto al color del zumo concentrado para todas las frutas evaluadas, a medida que incrementa el estado de madurez se presenta un aumento en los sólidos solubles y el índice de madurez. Este comportamiento en los sólidos solubles, se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular, hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (Arrieta, *et al.*, 2006), que son los constituyentes principales de los sólidos solubles; estos resultados coinciden con lo encontrado por Sañudo *et al.*, (2008). El mayor aumento en azúcares ocurre cuando el fruto empieza a tornarse amarillo acelerándose la síntesis de estos compuestos hasta alcanzar la coloración muy amarilla (Barrera *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

- El tiempo de exposición del zumo de aguaymanto al microondas afecta significativamente la velocidad de concentración de los grados brix, incrementándose a medida que transcurre el tiempo, mientras que la adición de maltodextrina no afecta significativamente.
- El contenido de ácido ascórbico se incrementa significativamente con el tiempo de exposición al microondas, desde un valor de 1.14 a 56.68 mg. / 100 ml. sin maltodextrina, mientras tanto la adición de esta no influye significativamente.
- El índice de color se incrementa a medida que transcurre el tiempo de exposición del zumo de aguaymanto al microondas, mientras que el tono disminuye ligeramente.

## RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio sensorial del zumo de aguaymanto concentrado por microondas, ya que influye directamente los cambios de sabores y olores, debido a que no se tiene un control adecuado de las temperaturas y pueda suceder un sesgo o rechazo por parte del consumidor.
- Realizar la evaluación de la estabilidad del zumo concentrado por microondas durante su exposición en diferentes empaques. Muchos de estos sufren daños debido a la exposición al ambiente y no resisten presiones elevadas que puedan garantizar su integridad física evitando cambio químicos.
- Cuantificar los componentes bioactivos (fenoles, carotenoides, etc) en el zumo de aguaymanto concentrado a través de microondas, debido a que se encuentran atrapados y dispersos por toda la muestra, asegurando los cambios de color, sabor, olor e inclusive la característica que este llega a tener y así asegurar una buena percepción del producto que se extrae.
- Realizar la encapsulación del zumo concentrado de aguaymanto por microondas en empaques de alginato para mantener una buena conservación con todas sus propiedades y apto para el consumo humano
- Proponer el expendio de zumo de aguaymanto concentrado a través de microondas, por medio de centros de producción en la UNAJMA, así como el escalamiento a nivel industrial, aprovechando múltiples usos no solo como aditivo sino como medicina natural que ayuda a la persona con déficit de ácido ascórbico.
- Los costos de instalación de esta tecnología son demasiado caros, por ello se recomienda el uso de nuevas tendencias que puedan reducir el tiempo de extracción y maximizar ganancias.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Abbott, J. A. (1999). *Quality measurement of fruits and vegetable. Postharvest Biology and Technology*, 15. Págs: 349-357.
- Agustí, M. (2003). *Citricultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona. 2<sup>da</sup>Ed. Págs.: 19-22, 89-101, 162-163, 171-173.
- AOAC, (1990). *Association of official analytical chemists*. Edic. 15ta.
- Arrieta, A., U. Baquero, y J. Barrera, (2006). *Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano "Papocho" (Musa ABB Simmonds)*, *Agronomía Colombiana*, 24(1), 48-53.
- AMPEX, (2008). *Perfil del mercado de aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. Asociación macro regional de productores para la exportación <https://es.scribd.com/document/154172824/El-Aguaymanto> Accesado en mayo 2017.
- Badui, S. (2006). *Química de alimentos*. 4ta Edición, Editorial Alambra, México.
- Barrera, J., G. Arrazola y D. Cayón, (2010). *Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (musa AAB Simmonds) en dos sistemas de producción*, *Acta Agronómica*, 59 (1), 20-29
- Barreto, H., y W.R. Raun. (1990). *La precisión experimental de los ensayos regionales con maíz (Zea mays) a través de Centroamérica*. En: T.J. Smith, et al., editores, egundo taller latinoamericano de manejo de suelos tropicales, San José, CR. Soil Science Department, North Carolina State University, NC, USA. p. 99-105. Accessed Jul 18, 2017.
- Bowman, D.t., and C.E. Watson. (1997). *Measures of validity in cultivar performance trials*. *Agron. j.* 89:860-866.
- Berk, Z. (2009). *Food process engineering and technology*. Ed. Academic Press, MA, USA.
- Blanco A. (2006). *Vitaminas. Química Biológica*. 8°. ed. Buenos Aires: El Ateneo p. 447-79.
- Boscarol, M. (2007). El espacio de color L\*C\*h. [http://www.gusgsm.com/espacio\\_color\\_lch](http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch) : accesado en mayo 2017.
- Bueno, J.L; García, A e Iglesias, O. (1994). *Secado radiativo (secado dieléctrico (II))* En *Ingeniería química*, Vol. 26, No.306, España: Dpto. Ingeniería Química Universidad de Oviedo, p. 150-166.

- Calvo c. Duran I. (1997). *Propiedades físicas II: ópticas y color*, en “temas en tecnologías de alimentos”, editado por J.M. aguilera, CYTED-IPN, México.
- Casilla A., Doria M., Geney M., Jarma S., Ríos C., (2016) *tecnología de microondas aplicada a la conservación de alimentos*. <http://documents.tips/documents/tecnologia-de-microondas-aplicada-a-laconservacion-de-alimentos-1.html#>. Acceso en Mayo 2017.
- Codex Alimentario, (1995). *Norma general para los aditivos alimentarios codex stan 192-199*. Organización de las naciones unidas para alimentación y la agricultura. Organización mundial de la salud.
- Camporeale, P. y Dutt, G. (2006). *Manual de Iluminación Eficiente*. Universidad Tecnológica Nacional y Efficient Lighting Initiative, Buenos Aires, Argentina, Cap. 2. ISBN: 978-950-42-0077-2.
- Capilla, P., Artigas, J. y Pujol, J. (2002). *Fundamentos de Colorimetría*. Servei de Publicacions de la Universitat de València, España, pp. 94-96.
- Castrillo, M., Kruger, N. and Whatley, R. (1992). *Sucrose metabolism in mango fruit during ripening*. Plant Science, 84 (1), p.45-51.
- Carreño T., (2017). *Ácido Ascórbico*. <https://es.scribd.com/doc/34191413/ACIDO-ASCORBICO>. Accesado en mayo 2017
- Chuchuca M., Dick Z., Peñafiel U. (2012). *Implementación y Validación de una Metodología Económica para la Medición de Color Aplicada en Alimentos*; escuela superior politécnica del litoral Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Tesis de grado Guayaquil – Ecuador 2012.
- Commission International de L’Eclairage. (2012).
- Córdova R., Ferrales T., Montes D., Hurtado P., Rascón S., Villarreal M., (2011). *Determinación de °Brix*; Colegio de estudios Científicos y tecnológicos del estado sonora. Plantel Sahuaripa–Colombia. <https://es.scribd.com/document/64982891/Brix>. Accesado en mayo 2017.
- Contreras, R. (2007). *El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color*. 1<sup>era</sup> edición, Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico, CODEPRE, Venezuela, pp. 71-86
- Correa C.; Laura P.; Hernández B. (2011), El uso de las microondas en la industria farmacéutica vol.42 no.4 México.

- Cortés, J. (2000). *La percepción del color*.
- Drug, (1997). *Information for the Health Care Professional*. USP DI. Printer Rand MacNilly, Massachusettes. 17th Edition.
- Della R., (2010) *Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente*. Tesis de maestría en tecnología de los alimentos; Universidad Tecnología Buenos Aires- Argentina.
- Dasilva F. Ferreira P., Rangel L., Garcia G., Pereira F., Berlinck R., Muricy G., (2011). *Oroidin inhibits the activity of the multidrug resistance target pdr5p from yeast plasma membranes*. Journal Article Research Support, Non-U.S. Gov't. J Nat Prod 74(2):279-82
- Delhom, M.,(1986). *La conservación frigorífica de las peras*; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. ES. 24 p
- El Comercio. (2011). *El cultivo de uvilla crece en el país*. Agromar , ecuador, pág. 12.
- Encina, C. (2006). *Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (physalis peruviana, L.) para la mayor retención de ácido ascórbico*. Tesis (magister scientiae). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Fisher G. Martinez O. (1999). *Quality and maturity of cape gooseberry (Physalis peruviana L.) in relation to fruit coloring*. Facultad de agronomía Universidad Nacional de Colombia Santa fe Bogotá.
- Fellows, P.J. (2000). *Food processing technology, principles and practice*. Ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- García, J. (2012). *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*. Oriol Boix Aragonès, Departament d'Enginyeria Elèctrica, Barcelona, España, pp. 4.
- George, R. (1993). *Recent progress in product, packege and process desing for microwaveable foods trends in food science & technology*. 4(12): 390 – 394.
- Gil A. y Gracia, S. (2001). *Determinación del índice a partir de las coordenadas de color CIELAB en pimiento*. ITEA Producción vegetal, 97 (2). Págs: 118- 122.

- González C., (2011). *Monitoreo de la calidad del agua pH*. Colegios de ciencias agrícolas. <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj862/maguaph.pdf>. Accesado en mayo del 2017.
- Gonnet, G. H., Cohen, M. A., and Benner, S. A. (1992). *Exhaustive matching of the entire protein sequence data base*. *Science*, 256:1443-1445.
- Goodman y Gilman. (2002). *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. mcgraw Hill Interamericana. Vol II. Décima Edición. Pp 1787-1790.
- Goula AM y Adamopoulos GK. (2006). *Retention of ascorbic acid during drying of tomato Halves and Tomato pulp*. *Drying Technology* 4: 57-64.
- Gunasekaran, N. (2002). *Effect of fat content and food type on heat transfer during microwave heating*. MS thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.
- Harlfinger, R. (1992). *Microwave sterilization food technology*. 46, 57-61
- Harrison. (2002). *Principios de Medicina Natural*. 15 Edición. McGraw Hill. Vol I. Pp 235, 547, 889.
- Jácome, E. y Molina, S. (2008). *Efecto de la leche en la coloracion de los alimentos por concentrada por microfiltración tangencial en la calidad de queso semimaduro para sanduche, utilizando dos líquidos de lavado y diferentes tipos de grasa*. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela De Ingeniería Agroindustrial, Ibarra, Ecuador.
- Karel, M.; Lund, D. (2003) *Physical principles of food preservation*. Marcel Dekker,. 603p.
- Kelly T., (2013) *Dirección y Gestión de Agro negocios*
- Koutchma T. y Shmalts M. (2002). *Degradation of vitamin C after alternative treatments of juices*. Nonthermal processing of foods.
- Ladaniya M. (2008). *Citrus fruit: biology, techonology and evaluation*. Ed. Elsevier, San Diego. Págs: 1, 2, 106-108, 197-200, 476-484.
- Loeffler, H.J. y pointing, J.D. (1942) *Ascorbic Acid: Rapid determination in fresh, frozen or dehydrated fruits and vegetables*. *Ind. Eng. Chem. Anal.* Ed. 14:846.
- Liu, Y.; Sun, X. y Ouyang, A. (2010). *Nondestructive measurement of soluble solid content of navel orange fruit by visible-NIR spectrometric technique with PLSR and PCA-BPNN*. *Lwt- Food Science and Technology*, 43. Págs: 602-607.

- León R., Rosero D., (2009). *Obtención de jugo clarificado de uvilla (physalis peruviana.l.), utilizando degradación enzimática y microfiltración tangencial*, Universidad Técnica Del Norte facultad De Ingeniería En Ciencias agropecuarias Y Ambientales, Ecuador.
- MacDougall, D. (2002). *Colour in food: improving quality*. crc press, EE.UU; Woodhead Publishing Limited, Inglaterra, pp. 35-46.
- Manrique I., Parraga A. y Herman M., (1993), *Jarabe de yacon principios y procesamiento*. Conservación y uso de biodiversidad de raíces y tubérculos andinos una década de investigación. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Isa0ST\\_j8gYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=metodologia+para+evaporar+jugos&ots=p6yBqRnKUf&sig=7B5N5sVOsBiQfqGs1O8ionlOhQM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Isa0ST_j8gYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=metodologia+para+evaporar+jugos&ots=p6yBqRnKUf&sig=7B5N5sVOsBiQfqGs1O8ionlOhQM#v=onepage&q&f=false).  
Accesado en mayo 2017.
- Moncada M. (2004). *Influencia del Abonamiento Orgánico y Químico en Tres Ecotipos de Tomatillo (Physalis peruviana L.) en las localidades de San Juan y Asunción - Cajamarca*. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Cajamarca.
- McGuire R. G. (1992). Reporting of dispositive color measurement. Hortoscience, 27. Págs: 1254-1255.
- Monje, L. (2008). *Introducción a la fotografía científica*. Centro de apoyo a la Investigación de la Universidad de Alcalá, Madrid.
- Morín C. (1985). *Cultivo de cítricos*. Ed. IICA, Lima, Perú. 1<sup>era</sup> Ed. Pág 12.
- Murillo, E. (2005) *.Actividad antioxidante de bebidas de frutas y de té comercializadas en Costa Rica*. Instituto de Alimentación y Nutrición Universidad de Panamá.
- Natalia W. (2011). *Secado combinado de frutas: deshidratación osmótica y microondas.*; Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata., Buenos Aires-Argentina.
- Norma de Calidad (2012). *Maltodextrina (almidón de maíz hidrolizado)*. Manual de Normas de Calidad de Insumos y Productos Elaborados por Liconsa. <http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/11/Maltodextrina-301012.pdf>. Accesado en Abril 2017.
- Netdisseny. (2009). *Nociones Básicas de Teoría del Color*, Cuaderno 2, Netdisseny, Castellón, España.

- Ochoa, M.R.; Kessler, A.G.; Vullioud, M.B. Y Lozano, J.E. (1999) *Physical and Chemical Characteristics of Raspberry Pulp: Storage Effect on Composition and Color*. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 32, 149-153
- Pardo, J. E.; Martínez, M.; Varón, C.; Amo, S. y Gómez, R. (1997). *Evaluación de la calidad de pimentones procedentes de variedades seleccionadas de pimiento (Capsicum annum L.)*. Revista Alimentaria,. Págs: 81-84.
- Perez G., (2015) *Datos químicos del ácido ascórbico*. [http://www.acidoascorbico.com/datos\\_quimicos\\_del\\_cido\\_ascrbico](http://www.acidoascorbico.com/datos_quimicos_del_cido_ascrbico). Accesado en mayo 2017.
- Remington, (2003). *Farmacología*. 20ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. Pp 1688-1689, 1702-1703.
- Renée M.; Condori A.; Nancy O.; Rubén H., Ulises Z.; Gustavo Q. (2012) *Sistema automatizado para la deshidratación de tubérculos mediante controlador difuso en radiación por microondas*; Universidad Nacional San Agustín de Arequipa Instituto De Bioingeniería Aplicada, Peru.
- Richardson, P. (2004) *Improving the thermal processing of food*. CRC Press,. 507p
- Rodríguez S., Rodríguez E. y Rodríguez M. (2007). *Efecto de la ingesta de Physalis peruviana (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes*. Revista Med. Vallejana 4 (1): 43 – 53. Abril.
- Rábago D., (2014). *Maltodextrina, aditivo funcional*. <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/69896-maltodextrina-aditivo-funcional>. Accesado en abril 2017.
- Ryynanen, S. (1995). *The electromagnetic properties of food materials: A review of basic principles*. Journal of Food Engineering, 26, 409–429.
- Sañudo, A., (2008). *Control de la maduración en frutos de papaya (carica papaya L.) Con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico*, Revista Fitotecnia Mexicana, 31 (2), 141-147.
- Sánchez E., (1991). Flora agrícola – Tomo I. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Schiffmann, R.F. (2001). *Microwave processes for the food industry*. In *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*, Eds. Datta, A.K. y Anantheswaran, R.C. Marcel Dekker, New York.

- Singh H., McCarthy O.J. y Lucey J.A. (1997). *Physico-chemical properties of milk. En: Advanced dairy chemistry. 3. Lactose, water, salts and vitamins.* Fox P.F., ed. Chapman & Hall, Londres, pp 470-518.
- Sepúlveda I. (2014). *Laboratorio: pH.* escuela normal "Juan P. Pringles" [http://server-enjpp.unsl.edu.ar/escuela/images/laboratorio\\_de\\_ph.pdf](http://server-enjpp.unsl.edu.ar/escuela/images/laboratorio_de_ph.pdf).  
Accesado en mayo 2017.
- Torres, J. (2011) .*Elaboración del néctar de uvilla physalis peruviana l, utilizando sacarina, dos concentraciones de estabilizante y dos tiempos de pasteurización.* Tesis (Ingeniería Agroindustrial). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ecuador.
- Tortora, G., y Grabowski, S., (1998). *Principios de anatomía y fisiología de las plantas berrys* Harcourt Brace. Séptima Edición. Pp 849.
- Valero, A. (2011). *Principios de color y holopintura.* Editorial Club Universitario, España, pp. 139-166.
- Van Way, Charles III, MD. (1999). *Secretos De Nutrición.* McGraw Hill Interamericana. Pp 17.
- Velezmoro, Jauguero J.; (2004). *Perfil del Mercado de aguaymanto (Physalis peruviana L.).* Universidad del Pacifico, Perú.
- Villota R. y Karel M. (1980). *Prediction of ascorbic acid retention during drying: II Simulation of retention in a model system.* J. Food Procces Preserv 4(3): 141-159.
- Vitamin and mineral requirements in human nutrition, (2009). 2nd edition. World health organization.
- Vignoni, Lucía A, Césari, Ricardo M, Forte, Marcela, & Mirábile, Mónica L. (2006). *Determinación de Índice de Color en Ajo Picado.* Información tecnológica, 17(6), 63-67. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600011>. Accesado en mayo 2017.
- Wills R.B.H., Wimalasiri P., Heather G., (1984). *Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity.* J. Agric. Food Chem., 32, 836–838. Changes of dehydroascorbic acid content in relation to total content of vitamin C.
- Wenceslao C., Morán A., Dick K., Zambrano J., Fernando P., (2012). *"Implementación y Validación de una Metodología Económica para la Medición de Color Aplicada en Alimentos"* Tesis de Grado Escuela

Superior Politécnica Del Litoral Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Guayaquil – Ecuador.

Wagner M. (2005). *Acidez y pH*. [http://www.cerveceroscaseros.com .ar/Ph\\_y\\_acidez\\_%20Mauricio\\_Wagner.pdf](http://www.cerveceroscaseros.com.ar/Ph_y_acidez_%20Mauricio_Wagner.pdf). Accesado en mayo del 2017

X-Rite, Inc. (2002). *Guía para entender la comunicación del color*.

Zelanski, P. y Fisher, M. (2001). *Color. Tercera Edición, Tursen S.A. / H. Blume, Madrid, España, pp. 64.*

Zamudio S. (2017). *Vitamina C*. <https://prezi.com/rmxiiir5drc7r/vitamina-c/>. Accesado en mayo 2017.

## **ANEXOS**

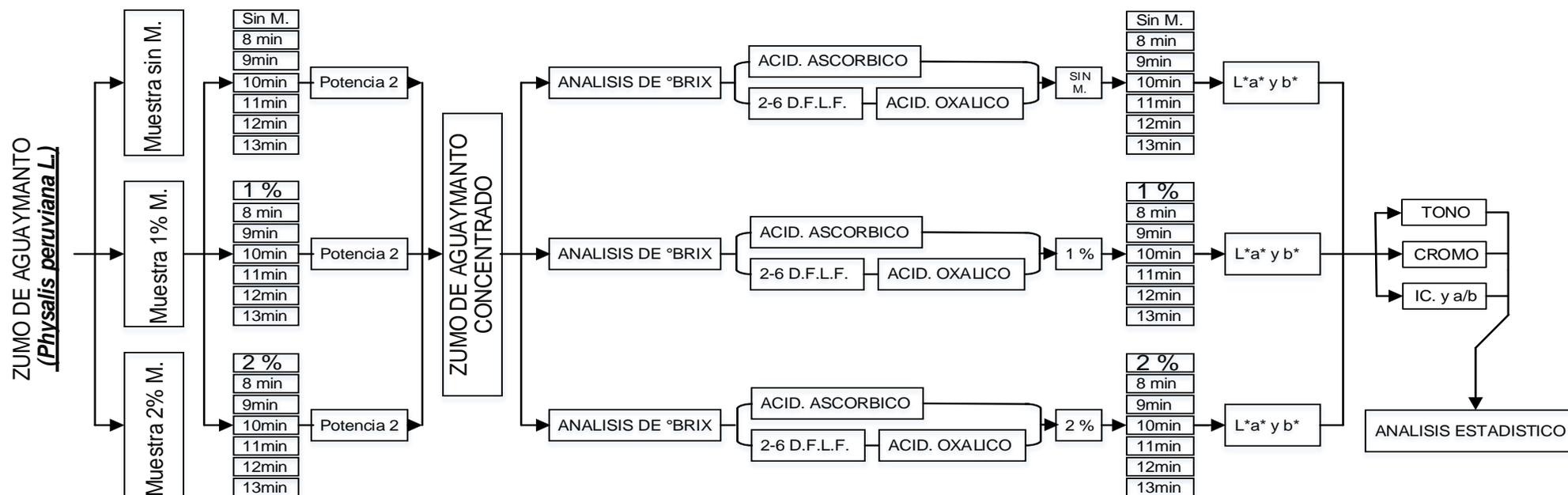
## **ANEXO 1.**

**Anexo 1.1. Matriz de consistencia**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Definición de operaciones					Recolección de datos		
			Variables	Definición	Dimensión	Indicador	Valores	Diseño o método	Técnica	Instrumento
¿Cuáles son los cambios en color, contenido de ácido ascórbico y grados °brix que se presentan durante la concentración de zumo de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana L.</i> ) por microondas?	<b>Objetivo General</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los cambios que ocurren en la concentración de zumo de aguaymanto (<i>Physalis peruviana L.</i>) Por microondas.</li> </ul>	<b>GENERAL</b> Existe manifestaciones de cambios en el color, contenido de ácido ascórbico y grados °brix durante la concentración de zumo de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana L.</i> ) Por microondas?	<b>Independiente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>T1 Zumo de aguaymanto.</li> <li>T2 Zumo de aguaymanto + maltodextrina %1.</li> <li>T3 Zumo de aguaymanto + maltodextrina %2.</li> </ul>	Se realizó evaluación correspondiente de acuerdo a los objetivos para cada variable dependiente	Zumo de aguaymanto	% de maltodextrina diluido en el zumo de aguaymanto.	g.	Experimental	Lectura	Registro de datos
	<b>ESPECIFICOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la velocidad de concentración expresados en grados Brix del zumo de Aguaymanto.</li> <li>Determinar el contenido de ácido ascórbico durante el proceso de concentración.</li> <li>Determinar el color del zumo durante el proceso de concentración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proceso de concentración zumo de aguaymanto en microondas se acelera la velocidad de concentración expresados en grados brix.</li> <li>El proceso de concentración zumo de aguaymanto en microondas mantiene el contenido de ácido ascórbico durante el proceso de concentración</li> <li>El proceso de concentración zumo de aguaymanto en microondas conserva mejor del color del zumo</li> </ul>	<b>Dependiente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de concentración</li> <li>Grados Brix</li> <li>Ácido ascórbico</li> <li>Color</li> </ul>	Se tomó en cuenta investigaciones ya realizadas con este producto a fin de buscar una mayor respuesta	Físico	Velocidad concentración	% / min	Experimental	Lectura	Registro de datos
					Físico	Grado brix	°brix	Experimental	Lectura	Registro de datos
					Químico	Ácido ascórbico	%	Experimental	Lectura	Registro de datos
					Físico	Color	Coordenadas de color L*, a* y b*	Experimental	Lectura	Registro de datos

## Anexo 1.2. Matriz de diseño experimental

MUESTRA VELOCIDAD DE CONCENTRACION ° BRIX ANALISIS DE ACIDO ASCORBICO ANALISIS DE COLOR



### LEYENDA:

- Adición de maltodextrina al 1 % y 2 %
- Tiempo en minutos de 8 ,9, 10, 11, 12 y 13
- Potencia 2 de trabajo en microondas.
- Acido Ascórbico en ml.
- 2-6 Diclorofenollindofenol en ml.
- Acido Oxalico en ml.
- Sistema Cielab L\*, a\* y b\* de estudio.
- Sistema de color definido por cromo y tono.
- IC : Índice de color.
- a/b: Relación.
- M : Maltodextrina

## Análisis de ácido ascórbico del zumo de aguaymanto



### Universidad Nacional del Altiplano - Puno FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080



#### LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

#### INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0137-2015-LENA-EPIA

SOLICITANTE : UNAJMA  
PRODUCTO : AGUAYMATO  
ENSAYO SOLICITADO : ACIDO ACORBICO  
FECHA DE RECEPCION : 25 de Noviembre del 2015  
FECHA DE ENSAYO : 25 de Noviembre del 2015  
FECHA DE EMISION : 04 de Diciembre del 2015

#### RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

#### RESULTADOS DE ACIDO ASCORBICO

MUESTRA	Mg. Ácido ascorbico/100ml
T 8mn °Brix 27,2 2 % maltodextrin	89,78
T 12mn °Brix 0 sin matodextrin	30,11
T 9mn °Brix 0 1 % maltodextrin	48,71
T 12mn °Brix 0 1 % maltodextrin	54,90
T 13mn °Brix 0 2 % maltodextrin	76,8
T 13 mn °Brix 0 1 maltodextrin	93,68

CONCLUSIÓN : Los resultados Acido Ascorbico están conformes.

Puno, C.U. 04 de Diciembre del 2015



Ing° OSWALDO APPASI ALCA  
Control de Calidad de Alimentos  
LABORATORIO  
C.I.P. 160625

## **ANEXO 2.**

**Anexo 2.1. Velocidad de concentración del zumo de aguaymanto sometidas al microondas a la potencia 2.**

Tiempo (min)	Concentración en ° Brix		
	0 %	1 %	2 %
8	35.30	35.10	35.90
9	40.40	40.50	45.10
10	50.90	50.50	45.90
11	55.40	70.30	75.10
12	75.90	80.10	75.50
13	83.20	75.60	89.40
8	29.50	27.50	26.00
9	34.00	32.50	34.00
10	40.00	43.50	46.00
11	47.00	54.50	62.00
12	69.00	67.00	72.00
13	90.50	90.50	98.50
8	27.00	27.50	32.00
9	35.00	32.50	37.00
10	41.00	43.50	41.00
11	57.50	54.50	51.00
12	72.00	67.00	67.00
13	96.00	90.50	99.50

**Tabla. Variación de la concentración del zumo de aguaymanto**

T (min)	°Brix del zumo					
	0 %		1 %		2 %	
	Sin Maltodextrina		Maltodextrina		Maltodextrina	
0	14.0	± 0.0	14.0	± 0.0	14.0	± 0.0
8	30.6	± 4.3	31.0	± 3.8	31.3	± 5.0
9	36.5	± 3.4	37.5	± 4.4	38.7	± 5.7
10	44.0	± 6.0	46.3	± 3.7	44.3	± 2.9
11	53.3	± 5.6	58.4	± 10.5	62.7	± 12.1

12	72.3	± 3.5	70.4	± 8.6	71.5	± 4.3
13	89.9	± 6.4	87.7	± 11.0	95.8	± 5.6

Donde:  $\bar{x}$ , es la media; s, es la desviación estándar.

Los datos de las réplicas de la concentración de sólidos expresados en °Brix.

## Anexo 2.2. Ejemplo de la determinación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto concentrado según el método de loeffler y pointing, (1942).

### Procedimiento experimental

- Se adiciona de 1ml. de solución estándar (ácido ascórbico al 0.1 %) con 10 ml. ácido oxálico, se homogeniza ambas soluciones en vaso precipitado de 50 ml. Lo cual se titula con 2-6 diclorofenolindofenol verificando el gasto realizado y siendo reemplazado en la ecuación 07.

$$T = \frac{1 \text{ ml. de ácido ascórbico}}{\text{ml. solución de 2-6 diclorofenolindofenol}} \quad (\text{EC.07})$$

- Nuevamente se tomó 2 ml. de zumo concentrado de aguaymanto a este se añadió 10 ml. de ácido oxálico y se tituló con el 2-6 diclorofenolindofenol, al finalizar la titulación nos indicó un cambio de color rosado débil, color que persistió por 10 - 15 segundos. A este resultado se le llama gasto 1.
- se añade 10 ml. ácido oxálico y se tituló con el 2-6 diclorofenolindofenol donde se toma la lectura del gasto al cual también llamamos gasto 2, reemplazó los volúmenes de gasto en esta ecuación 08.

$$V = \text{Gasto1} - \text{Gasto2} \quad (\text{EC. 08})$$

- se reemplaza todo los datos obtenidos en la ecuación general 09 para determinar la cantidad de ácido ascórbico presente en la muestra.

$$100 \text{ g. de muestra} = \left( \frac{V \cdot T}{W} \right) 100 \quad (\text{EC. 09})$$

### Donde:

V : ml. de colorante utilizados para la titular una alícuota de muestra.

- T : Equivalente de ácido ascórbico de la solución del colorante expresado en mg. por ml. de colorante.
- W : g. de muestras en la alícuota titulada.
- AA : Acido ascorbico.

Tiempo (min.)	Mg. AC. ASC. / 100 ml.				
	W (ml.)	Gasto 1 (ml.)	Gasto 2 (ml.)	V	A A 0%
8	2	1.2	1	0.2	5.37634409
9	2	1.88	1	0.88	23.655914
10	2	2.56	1	1.56	41.9354839
11	2	2.92	1	1.92	51.6129032
12	2	4.46	1	3.46	93.0107527
13	2	5.68	1	4.68	125.806452

Muestras zumo concentrado	
Gasto	: 1.86 ml.
T	: 0.5376 mg.

### Anexo 2.2.1. Contenido de ácido ascórbico del zumo de aguaymanto concentrado

Tiempo (min.)	Mg. AC. ASC. / 100 ml.		
	0 %	1 %	2 %
8	5.3763	12.9032	17.2043
9	23.6559	23.1183	25.2688
10	41.9355	40.3226	30.1075
11	51.6129	63.9785	67.7419
12	93.0108	93.0108	79.5699
13	125.8065	86.5591	85.4839
8	3.4091	2.1505	3.2258
9	9.6591	5.3763	9.1398
10	10.7955	9.6774	18.2796
11	26.7045	17.7419	25.8065

12	43.1818	21.5054	41.3978
13	54.2614	32.7957	57.5269
8	11.9318	10.2151	10.2151
9	18.1818	17.2043	16.9355
10	25.2841	37.6344	20.6989
11	42.0455	38.7097	32.2581
12	53.4091	57.5269	45.6989
13	59.0909	68.8172	63.9785

**Tabla Variación del contenido de ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto**

t (min)	mg. ácido ascórbico / 100 mL.					
	0 %		1 %		2 %	
	Sin Maltodextrina		Maltodextrina		Maltodextrina	
0	1.14 ±	0.00	1.14 ±	0.00	1.14 ±	0.00
8	7.67 ±	6.03	9.68 ±	3.53	11.47 ±	5.22
9	18.61 ±	0.60	18.19 ±	4.44	19.27 ±	5.28
10	25.99 ±	1.00	28.41 ±	10.47	30.73 ±	6.61
11	40.63 ±	2.01	44.80 ±	16.87	48.57 ±	16.61
12	48.30 ±	7.23	60.93 ±	27.79	64.25 ±	13.30
13	56.68 ±	3.42	69.35 ±	15.24	72.31 ±	11.82

Donde:  $\bar{x}$ , es la media; s, es la desviación estándar. Los datos de las réplicas del contenido de ácido ascórbico.

**Anexo 2.2.2. Determinación del ácido tituable del zumo de aguaymanto concentrado**

Titulación del zumo de aguaymanto concentrado con hidróxido de sodio al 0.1 N (NaOH) y fenolftaleína

Tiempo (min)	Mg. ácido tituable / 100 ml.		
	0 %	1 %	2 %
8	2.8	4.2	2.25
9	3	4.5	3.16
10	1.6	2.8	1.18
11	4.8	8.17	7.1
12	1.8	4.16	7.19
13	3.1	5.16	8.19
8	1.5	2	2.09
9	1.58	2.25	2.5
10	2.03	2.9	3.13
11	3	3.9	3.26
12	3.5	4.25	4.52
13	0.9	0.95	1.25
8	2.15	2.1	2.1
9	2.5	2.85	2.85
10	2.9	3.9	2.95
11	4.45	4.3	3.9
12	4.35	3.9	3.95
13	1.25	1.95	3.65

### Anexo 2.2.3. Temperaturas y pesos de la muestras encontradas a la potencia 2 del microondas

MUESTRA SIN MALTODEXTRINA							MUESTRA 1 %					MUESTRA 2%					
TIEMPO	PESO (V + M)	PESO MUESTRA	°BRIX	T	POTENCIA	t	PESO (V + M)	PESO MUESTRA	°BRIX	T	POTENCIA	t	PESO (V + M)	PESO MUESTRA	°BRIX	T	POTENCIA
0	137.27	40	14.0	20	#¡DIV/0!	0	137.27	40	14.0	20	#¡DIV/0!	0	137.27	40	14.5	20	#¡DIV/0!
1	137.04	39.77	14.5	52	8571.89606	1	137.24	39.97	15.5	52	8600.36766	1	137.11	39.84	15.5	52	9774320
2	136.40	39.13	15.5	77	7358.329845	2	136.68	39.41	15.0	77	7392.91447	2	136.45	39.18	15.5	77	8480660
3	134.60	37.33	16.0	84	5321.76282	3	135.16	37.89	16.0	84	5373.34666	3	134.89	37.62	16.0	84	6324560
4	132.00	34.73	17.5	84	3811.699815	4	132.52	35.25	17.5	84	3847.62428	4	132.28	35.01	17.0	84	4743420
5	129.29	32.02	17.0	85	2943.515556	5	129.8	32.53	19.0	85	2972.12951	5	129.82	32.55	18.5	85	3852232
6	126.36	29.09	18.0	85	2315.937968	6	127.08	29.81	20.5	85	2349.60145	6	126.86	29.59	20.0	85	3210193.33
7	123.67	26.4	20.5	84	1849.2672	7	124.32	27.05	22	84	1874.92753	7	124.19	26.92	22	84	2710525.71
8	120.90	23.63	23.0	83	1499.358331	8	121.4	24.13	26.0	83	1516.36802	8	121.26	23.99	23.5	83	2335775
9	118.05	20.78	24.5	82	1227.402382	9	118.56	21.29	29.0	82	1242.58724	9	118.54	21.27	26.0	82	2044302.22
10	115.32	18.05	28.0	80	999.27229	10	115.87	18.6	34.0	80	1013.54996	10	115.79	18.52	29.0	80	1782376
11	112.59	15.32	34.0	79	830.3898945	11	113.15	15.88	40.5	79	843.392433	11	113.5	16.23	34.0	79	1594207.27
12	109.96	12.69	40.5	80	716.7749217	12	110.44	13.17	47.5	80	727.158682	12	111.05	13.78	39.5	80	1485313.33
13	107.38	10.11	49.5	85	659.3221069	13	108	10.73	65.5	85	672.701182	13	108.44	11.17	48.5	85	1481627.69
14	105.10	7.83	69.0	89	600.3648936	14	105.66	8.39	95.23	89	612.255974	14	106	8.73	109.18	89	1457934.29
15	103.64	6.37	90.5	125	800.850702	15	104.09	6.82	35.09	125	814.290972	15	104.25	6.98	53.46	125	2050690.67

Formula para hallar la potencia en cada temperatura

$$P_o = \frac{4.187 * M_w * (T_f - T_s) + 0.88 * M_c * (T_f - T_o)}{t}$$

Dato referente: V = Biker de 100 ml.

M = Muestra 40 ml.

Donde:

- P<sub>o</sub> : Potencia (watts)
- 4187 : Calor especifico de agua (Jg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)
- M<sub>w</sub> : Masa de agua (g)
- M<sub>c</sub> : Masa del contenedor usado en la prueba (g.)
- T<sub>o</sub> : Temperatura de ambiente (°C)
- T<sub>f</sub> : Temperatura final del agua (°C)
- T<sub>s</sub> : Temperatura inicial del agua (°C)
- t : Tiempo de calentamiento min./s

**Anexo 2.3. Datos obtenidos para la determinar del color del zumo de aguaymanto durante el proceso de concentración.**

**Muestras sin maltodextrina**

Minutos	Y	X	y	L*	a*	b*	L	a	b	L*	C*	h	H	V	C	X	Y	Z	IC	C	I	h <sub>ab</sub>	x	BR	X	BI	a*/b*
8	9.92	0.4271	0.4299	37.69	1.01	31.92	31.49	0.73	15.85	37.69	31.33	88.19	4.1	3.7	5.6	9.85	9.92	3.3	1.46	32.26	0.03	88.19	0.43	68.00	0.43	68.05	0.032
9	11.56	0.4421	0.4374	40.5	2.45	37.47	34	1.81	18.26	40.5	37.55	87.26	3.4	3.9	5.4y	11.68	11.56	3.19	2.92	91.83	0.07	88.26	0.44	76.70	0.44	76.69	0.065
10	11.61	0.4452	0.4374	40.59	3.04	38.04	34.07	2.26	18.45	40.59	38.16	85.42	3.1y	3.9	5.6	11.82	11.61	3.12	3.60	115.68	0.08	85.43	0.45	78.60	0.45	78.58	0.080
11	10.19	0.4488	0.4330	38.17	4.34	36.1	31.92	3.17	17.19	38.17	36.36	83.15	2.4	3.7	5.4	10.56	10.19	2.78	5.78	156.73	0.12	83.14	0.45	80.69	0.45	80.59	0.120
12	9.47	0.4497	0.4297	36.87	4.99	34.73	30.77	3.62	16.44	36.87	35.09	81.83	2	3.6	5.2	9.97	9.47	2.66	7.16	173.37	0.14	81.82	0.45	82.05	0.45	81.20	0.144
13	12.4	0.4423	0.407	41.84	8.69	32	35.21	6.67	16.94	41.84	33.16	74.8	9.6	4.1	5.1	13.48	12.4	4.59	11.18	278.22	0.27	74.81	0.44	76.98	0.44	76.89	0.272

**Muestras al 1 %**

Minutos	Y	X	y	L*	a*	b*	L	a	b	L*	C*	h	H	V	C	X	Y	Z	IC	C	I	h <sub>ab</sub>	x	BR	X	BI	a*/b*
8	10.84	0.4379	0.4342	39.31	2.23	35.37	32.92	1.63	17.32	39.31	35.44	86.4	3.5	3.8	5.1	10.93	10.84	3.19	2.86	78.91	0.06	86.39	0.44	74.36	0.44	74.34	0.063
9	10.94	0.4369	0.4348	34.48	1.95	35.43	33.08	1.43	17.39	39.48	35.48	86.85	3.6	3.8	5.1	11	10.94	3.23	2.49	69.12	0.06	86.85	0.44	73.85	0.44	73.75	0.055
10	10.63	0.4418	0.4350	38.94	2.7	35.9	32.6	3.03	17.37	38.94	36.01	85.57	3.2	3.8	5.2	10.79	10.63	3.01	5.35	96.97	0.08	85.70	0.44	76.55	0.45	79.01	0.075
11	9.01	0.4474	0.4299	36	4.48	33.84	30.01	3.21	15.95	36	34.14	82.46	2.2	3.5	5.1	9.38	9.01	2.57	6.71	151.67	0.13	82.46	0.45	79.95	0.45	79.85	0.132
12	9.68	0.4498	0.4322	37.26	4.6	35.48	31.11	3.34	16.76	37.26	35.78	82.61	2.2	3.6	5.3	10.07	9.68	2.64	6.41	163.27	0.13	82.61	0.45	81.25	0.45	81.25	0.130
13	6.17	0.4524	0.3944	29.84	10.6	24.5	24.84	7.38	11.69	29.84	26.7	66.81	7.7	2.9	4.4	7.08	6.17	2.4	25.42	259.92	0.43	66.60	0.45	82.79	0.45	82.81	0.433

**Muestras al 2 %**

Minutos	Y	X	y	L*	a*	b*	L	a	b	L*	C*	h	H	V	C	X	Y	Z	IC	C	I	h <sub>ab</sub>	x	BR	X	BI	a*/b*
8	11.16	0.4398	0.4358	39.89	2.3	36.35	32.41	1.69	17.76	39.85	36.42	86.38	3.5	3.9	5.3	11.26	11.16	3.18	2.94	83.64	0.06	86.38	0.44	75.49	0.45	78.69	0.063
9	10.74	0.4416	0.4364	39.14	2.49	36.28	32.77	1.82	17.53	39.14	36.37	86.07	3.4	3.8	5.3	10.87	10.74	3	3.17	90.37	0.07	86.07	0.44	76.56	0.44	76.47	0.069
10	10.17	0.4449	0.4331	38.15	3.63	35.5	31.89	2.65	17.02	38.15	35.68	84.16	2.7	3.7	5.2	10.45	10.17	2.86	4.88	128.92	0.10	84.16	0.45	78.52	0.44	78.41	0.102
11	8.38	0.4410	0.4272	34.76	3.78	31.6	28.95	2.67	4.99	34.76	31.82	83.18	2.4	3.4	4.8	8.65	8.38	2.59	18.48	119.51	0.12	83.18	0.44	76.09	0.35	25.03	0.120
12	8.20	0.4488	0.4242	34.4	5.55	31.93	28.64	3.94	14.98	34.4	32.4	80.14	1.5	3.3	4.9	8.68	8.2	2.46	9.18	177.30	0.17	80.14	0.45	80.70	0.45	80.61	0.174
13	7.58	0.4468	0.4198	33.09	5.84	30.03	27.53	4.1	14.11	33.09	30.59	78.99	1.2	3.2	4.7	8.07	7.58	2.41	10.55	175.47	0.19	78.99	0.45	79.56	0.45	79.53	0.194

**Anexo 2.3.1. Datos obtenidos del cromo, tono, índice de color y la relación a\*/b\* para determinar el color del zumo de aguaymanto.**

Tiempo (min)	Cromo (C)			Tono (h <sub>ab</sub> )			Índice de color (IC)		
	0 %	1 %	2 %	0 %	1 %	2 %	0 %	1 %	2 %
8	32.26	78.91	83.64	88.19	86.39	86.38	1.46	2.86	2.94
9	91.83	69.12	90.37	86.26	86.85	86.07	2.92	2.49	3.17
10	115.68	96.97	128.92	85.43	85.70	84.16	3.60	5.35	4.88
11	156.73	151.67	119.51	83.14	82.46	83.18	5.78	6.71	18.48
12	173.37	163.27	177.30	81.82	82.61	80.14	7.16	6.41	9.18
13	278.22	259.92	175.47	74.81	66.60	78.99	11.18	25.42	10.55

Tiempo (min.)	Relación a* / b*		
	0 % M	1 % M	2 % M
8	0.0316	0.0630	0.0633
9	0.0654	0.0550	0.0686
10	0.0799	0.0752	0.1023
11	0.1202	0.1324	0.1196
12	0.1437	0.1297	0.1738
13	0.2716	0.4327	0.1945

## **ANEXO 3.**

### Anexo 3.1. Análisis de Varianza para °Brix

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo	36488.6	6	6081.44	167.67	0
B: Malto	72.3267	2	36.1633	1	0.3775
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	189.602	12	15.8002	0.44	0.9395
RESIDUOS	1523.36	42	36.2705		
TOTAL (CORREGIDO)	38273.9	62			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Brix en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Brix con un 95.0 % de nivel de confianza.

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple (ecuación 10 ) para describir la relación entre Brix y 2 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Brix} = -71.2731 + 11.9302 \cdot \text{Tiempo} + 1.48056 \cdot \text{Con Malto} \quad (\text{EC. 10})$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95.0 %.

### Anexo 3.2. Datos de velocidad de concentración de zumo de aguaymanto en Grados Brix en función al tiempo y porcentaje de maltodextrina

Repeticiones	0 %	1 %	2 %
1	10.0143	9.7457	11.0829
2	11.9143	12.2714	14.0714
3	13.5000	11.7571	12.5000

### Anexo 3.3. Análisis de Varianza para Ácido ascórbico - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	26606.9	5	5321,39	13.60	0.0000
B:Maltodextrina	113.388	2	56.6942	0.14	0.8656
INTERACCIONES					
AB	513.319	10	51.3319	0.13	0.9991
RESIDUOS	14083.5	36	391.209		
TOTAL (CORREGIDO)	41317.2	53			

Todas las razones - F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Ácido ascórbico en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores - P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor - P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Acido ascorbico con un 95.0 % de nivel de confianza.

Al realizar la regresión múltiple (Anexo 03) de tiempo de concentración y porcentaje de maltodextrina para el contenido de ácido ascórbico experimental, se obtuvo un modelo (ecuación 11) que explica el 90.04 % del estudio, al 95 % de nivel de confianza. Para lograr estimar en futuros estudio se presenta la ecuación ajustada las que puede emplearse para estimar valores dentro de los tiempos y porcentajes de maltodextrina estudiados, es decir dentro de los intervalos de 8 a 13 minutos y 0 % a 2 % para la concentración de zumo de aguaymanto.

Asi mismo se aprecia en la Figura 19, que se obtiene altos contenidos de ácido ascórbico a medida que se incrementa el tiempo, y como es evidente la adición de maltodextrina no influye significativamente, tal como se evidencio en el ANOVA.

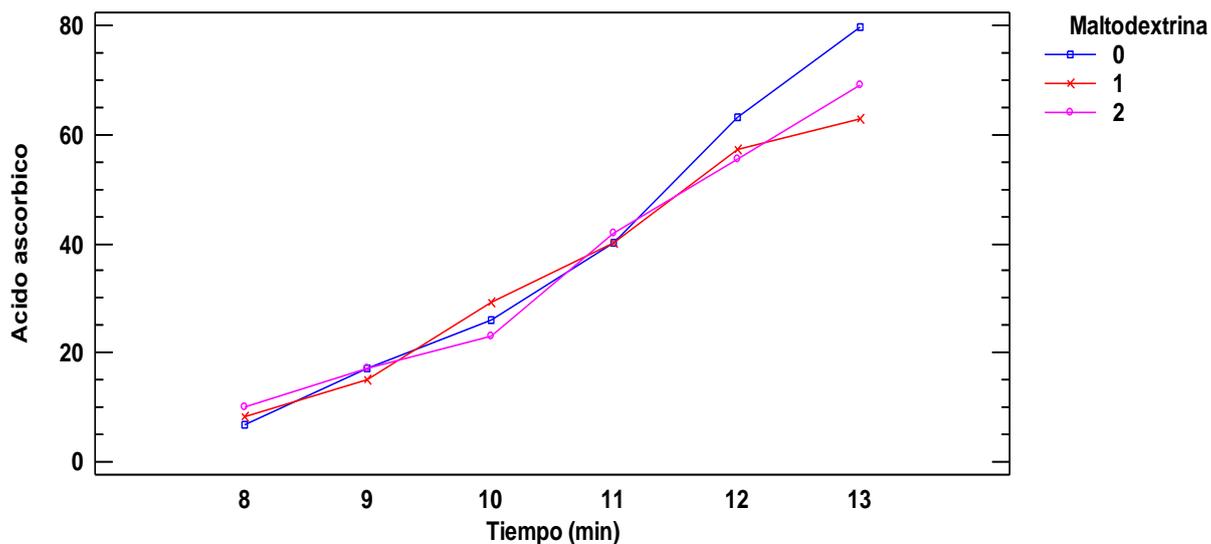
$$\text{Ácido Asc. (mg. / 100 mL.)} = -14.773 + 4.867 * t + 3.38 * (\% \text{ Maltodextrina}) \quad (\text{EC. 11})$$

### 2.3.2. Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido ascórbico por Tiempo

(Método: 95.0 porcentaje Tukey)

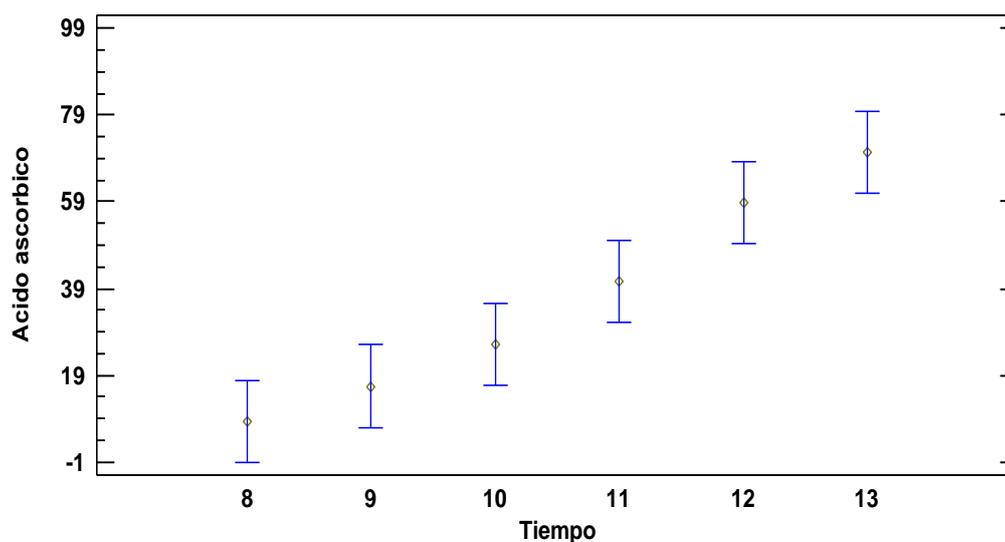
Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
8	9	8.51458	6.593	D
9	9	16.5044	6.593	DC
10	9	26.0817	6.593	DC
11	9	40.7333	6.593	CB
12	9	58.7013	6.593	BA
13	9	70.48	6.593	A

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.



**Figura.** Efecto del tiempo en la concentración del ácido ascórbico.

Se observa que la adición de maltodextrina no muestra alto efecto significativo en la concentración del ácido ascórbico durante los 12 minutos, en tiempos superiores a este la ausencia de maltodextrina incrementa en contenido de ácido ascórbico.



**Figura.** Interacción entre el ácido ascórbico y el tiempo.

En la figura anterior, se aprecia que la concentración de ácido ascórbico muestra diferencia significativa entre los 8 y 10 minutos, mientras que para tiempos de 12 y 13 son mayores no existiendo diferencia entre ellas.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grados Brix	54	0.95	0.92	11.10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	GI	CM	F	P- Valor
Modelo	23515.11	17	1383.24	36.48	<0.0001
Maltodextrina	98.76	2	49.38	1.30	0.2844
Tiempo	23187.99	5	4637.60	122.31	<0.0001
Maltodextrina*Tiempo	228.36	10	22.84	0.60	0.8013
Error	1364.99	36	37.92		
Total	24880.10	53			

## **ANEXO 4.**

**ANEXO 4.1.** Fotografía del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviano L.*), descascarado, depositado en la licuadora y tamizado.



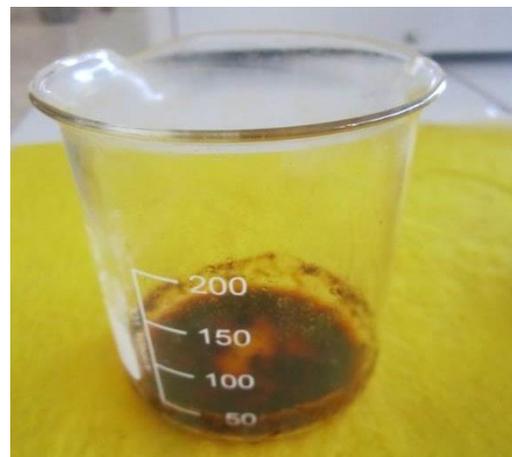
**ANEXO 4.2.** Fotografía de extracción de los residuos (cascaras y pepas) y envasado para su conservación del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviano L.*).



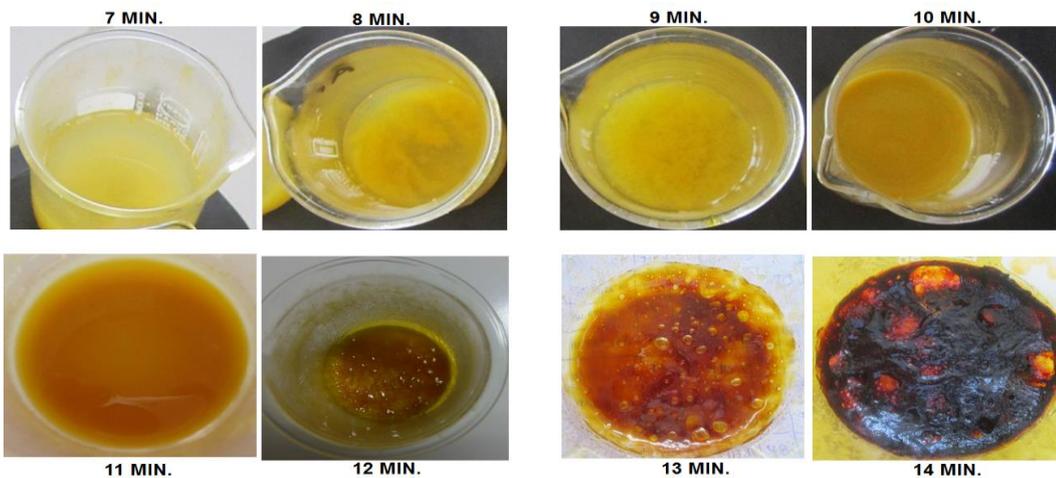
**ANEXO 4.3.** Fotografía, de la preparación de la muestra y pesado de la maltodextrina para su dilución en el zumo de aguaymanto (*Physalis peruviano L.*) al 0 %, 1 % y 2 %.



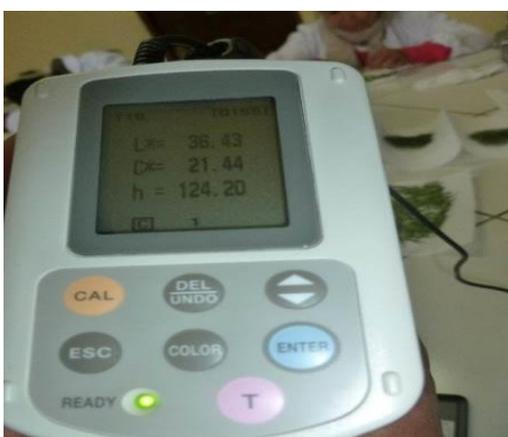
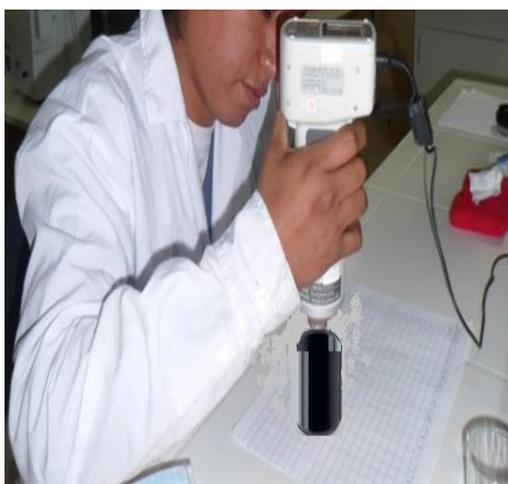
**ANEXO 4.4.** Fotografía de la evaluación de los envases y muestras antes del ingreso al microondas y después de la operación.



**anexo 4.5.** Fotografías de la muestra de zumo de aguaymanto (*Physalis peruviano L.*) sometidos al microondas a diferentes tiempo y siendo evaluado según los obetivos propuestos.



**Anexo 4.6.** Fotografía de las muestras del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviano L.*) ordenadas en forma ascendente, según el % de maltodextrina y tiempo para luego ser evaluado con el colorímetro.



Column	Row 1	Row 2	Row 3	Row 4	Row 5	Row 6	Row 7	Row 8	Row 9	Row 10	Row 11	Row 12	Row 13	Row 14	Row 15	Row 16	Row 17	Row 18	Row 19	Row 20	Row 21	Row 22	Row 23	Row 24	Row 25	Row 26	Row 27	Row 28	Row 29	Row 30	Row 31	Row 32	Row 33	Row 34	Row 35	Row 36	Row 37	Row 38	Row 39	Row 40	Row 41	Row 42	Row 43	Row 44	Row 45	Row 46	Row 47	Row 48	Row 49	Row 50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	