

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTADA DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN EN LA**  
**ACEPTABILIDAD Y VIDA ÚTIL DEL NÉCTAR MIXTO DE TUNA (*Opuntia ficus-***  
***indica*) CON AGUAYMANTO (*Physalis peruviana L.*)**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. BARBOZA MEJÍA MARCOS JOHN

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CHOTA – PERÚ**

**2023**

Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 007-2022/EPIA - FCA/UNACH

Siendo las 12:15 horas, del día 07 de Julio de 2022, en video conferencia del aplicativo Meet Google ( <https://meet.google.com/hks-ggoj-jpr?authuser=0> ), los miembros del Jurado de Tesis titulada: "Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la aceptabilidad y vida útil del néctar mixto de tuna (*Opuntia Ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)", integrado por:

Presidente: M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso

Secretario: Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo

Vocal: Mg. Edson Elvis Ramírez Tixe

Sustentada por Bach. Marcos John Barboza Mejía, con la finalidad de obtener Título profesional en Ingeniería Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerdan Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 16 (dieciséis), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Firmado en: Chota, 7 de julio del 2022.



M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso  
Presidente



Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo  
Secretario



Mg. Edson Elvis Ramírez Tixe  
Vocal

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNACH, por ser un templo de sabiduría y permitirme ser parte de ella, y así poder terminar mis estudios universitarios, así también a todos los docentes que impartieron su conocimiento para seguir adelante cada día.

A mis asesores el Ms. Augusto Antonio Mechato Anastacio y Ph. D. Frank Fluker Velásquez Barreto, por su importante participación durante el desarrollo de mi tesis; por su gentileza, disponibilidad y experiencia que engrandeció el trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios.

Por guiarme en mi vida y llegar a estos momentos tan especiales.

A mis queridos padres: Vidauro Barboza Díaz y Consuelo Mejía Vásquez.

Por el ejemplo de perseverancia que los caracteriza y que me han brindado siempre, así mismo por educarme y soportar mis errores que siempre tenía. Gracias por sus consejos que han sido de mucha importancia para crecer como una persona honrada y respetuosa y por el gran amor que siempre me han dado.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	IX
ABSTRACT.....	X
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) .....	15
2.2.1.1. Origen .....	15
2.2.1.2. Descripción botánica .....	16
2.2.1.3. Composición nutricional.....	16
2.2.1.4. Propiedades y beneficios .....	18
2.2.1.5. Usos y consumo.....	18
2.2.2. Aguaymanto ( <i>Physalis peruviana L.</i> ).....	18
2.2.2.1. Origen .....	18
2.2.2.2. Descripción botánica .....	18
2.2.2.3. Composición nutricional.....	19
2.2.2.4. Propiedades y beneficios .....	20
2.2.2.5. Usos y consumo.....	20
2.2.3. Néctar .....	20
2.2.4. Evaluación sensorial.....	22
2.2.4.1. Clasificación de análisis sensorial .....	22
2.2.4.2. Tipo de Juez.....	23
2.2.4.3. Cantidad de jueces para evaluación sensorial.....	23
2.2.4.4. Tipos de análisis estadísticos .....	23
2.2.5. Características fisicoquímicas y microbiológicas .....	24
2.2.6. Betalaínas .....	24
2.2.6.1. Degradación de betalaínas .....	25
2.2.6.2. Estabilidad de betalaínas.....	27
2.2.7. Fenoles totales .....	28
2.2.7.1. Deterioro de fenoles totales .....	28

2.2.8. Deterioro químico de los alimentos.....	29
2.2.9. Vida útil con pruebas aceleradas .....	33
2.3. Marco conceptual.....	34
2.3.1. Aceptabilidad.....	34
2.3.2. Pasteurización.....	34
2.3.3. Parámetros óptimos .....	34
2.3.4. Carboximetil celulosa (CMC) .....	34
2.3.5. Sorbato de potasio .....	35
2.3.6. Ácido cítrico .....	35
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>36</b>
3.1. Ubicación.....	36
3.2. Población y muestra.....	36
3.2.1. Población.....	36
3.2.2. Muestra.....	36
3.3. Equipos, materiales e insumos.....	36
3.3.1. Equipos.....	36
3.3.2. Materiales .....	37
3.3.3. Insumos.....	37
3.3.4. Reactivos .....	38
3.4. Metodología de la investigación .....	38
3.4.1. Descripción del proceso de néctar mixto de tuna con aguaymanto.....	38
3.4.2. Determinación de propiedades fisicoquímicas de materia prima y néctar mixto.....	41
3.4.3. Procedimiento de la evaluación sensorial.....	42
3.4.4. Procedimiento para determinar la vida útil mediante pruebas aceleradas.....	43
3.4.5. Diseño experimental.....	45
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima.....	47
4.2. Resultados de aceptabilidad del néctar mixto.....	47
4.2.1. Efecto de temperatura y tiempo de pasteurización en la aceptabilidad general del néctar mixto.....	48
4.2.2. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo olor .....	49

4.2.3. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo color .....	51
4.2.4. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo sabor .....	53
4.2.5. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo consistencia .	55
4.3. Resultados de vida útil .....	57
4.3.1. Evaluación en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento .....	57
4.3.2. Evaluación de parámetros cinéticos de degradación en el almacenamiento. ....	64
4.3.4. Estimación de tiempo de vida útil .....	69
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
5.1. Conclusiones .....	71
5.2. Recomendaciones .....	71
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
CAPÍTULO VII. ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación taxonómica de la tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ).....	16
<b>Tabla 2</b> Composición nutricional de tuna fresca ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ).....	17
<b>Tabla 3</b> Clasificación taxonómica del aguaymanto ( <i>Physalis peruviana L.</i> ).....	19
<b>Tabla 4</b> Valor nutricional del aguaymanto ( <i>Physalis peruviana L.</i> ).....	20
<b>Tabla 5</b> Frecuencia de muestreo según el análisis fisicoquímico y temperaturas de almacenamiento .....	44
<b>Tabla 6</b> Diseño experimental para la aceptabilidad .....	46
<b>Tabla 7</b> Características fisicoquímicas de materia prima.....	47
<b>Tabla 8</b> Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo olor del néctar mixto.....	51
<b>Tabla 9</b> Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo color del néctar mixto .....	53
<b>Tabla 10</b> Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo sabor del néctar mixto.....	55
<b>Tabla 11</b> Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo consistencia del néctar mixto.....	57
<b>Tabla 12</b> Contenido de betacianinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento .....	59
<b>Tabla 13</b> Contenido de betaxantinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento .....	61
<b>Tabla 14</b> Contenido de fenoles totales en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento .....	63
<b>Tabla 15</b> Valores de regresión lineal para la degradación de betacianinas, betaxantinas y fenoles totales para cada temperatura de almacenamiento en el néctar mixto de tuna con aguaymanto ..	66
<b>Tabla 16</b> Constante de velocidad de reacción de primer orden .....	67
<b>Tabla 17</b> Energía de activación ( $E_a$ ) en la degradación de los compuestos del néctar mixto de tuna con aguaymanto .....	68
<b>Tabla 18</b> Constante de velocidad de reacción ( $k$ ) y tiempo de vida media ( $t_{1/2}$ ) del néctar mixto de tuna con aguaymanto, medidas según su contenido de betacianinas, betaxantinas y fenoles totales, a temperaturas de 25, 15 y 5 °C .....	69



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Fruto de tuna.....	17
<b>Figura 2</b> Fruto de Aguaymanto.....	19
<b>Figura 3</b> Estructura de betacianinas.....	25
<b>Figura 4</b> Estructura de betaxantinas.....	25
<b>Figura 5</b> Rutas de degradación de betanina e isobetanina.....	26
<b>Figura 6</b> Pérdida de la calidad del atributo [A] según la reacción de orden 0.....	31
<b>Figura 7</b> Pérdida de la calidad del atributo [A] según la reacción de orden 1.....	32
<b>Figura 8</b> Diagrama de flujo para la elaboración del néctar mixto de tuna con aguaymanto.....	40
<b>Figura 9</b> Efectos estandarizados en la variable aceptabilidad general del néctar mixto de tuna con aguaymanto.....	49
<b>Figura 10</b> Valores del atributo olor del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización.....	50
<b>Figura 11</b> Valores del atributo color del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización.....	52
<b>Figura 12</b> Valores del atributo sabor del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización.....	54
<b>Figura 13</b> Valores del atributo consistencia del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización.....	56
<b>Figura 14</b> Variación del contenido de betacianinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C y tiempos de 30, 20 y 10 horas.....	60
<b>Figura 15</b> Variación del contenido de betaxantinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C y tiempos de 30, 20 y 10 horas.....	62
<b>Figura 16</b> Variación del contenido de fenoles totales en el néctar mixto de tuna con aguaymanto almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C y tiempos de 30, 20 y 10 horas.....	64
<b>Figura 17</b> Ecuación cinética de orden uno para betacianinas en el néctar mixto.....	87
<b>Figura 18</b> Ecuación cinética de orden uno para las betaxantinas en el néctar mixto.....	89
<b>Figura 19</b> Ecuación cinética de orden uno para fenoles totales en el néctar mixto.....	91

## RESUMEN

La investigación evaluó el efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la aceptabilidad y vida útil del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana L.*). Los frutos fueron de la mejor calidad sin la presencia de daños físicos. Se utilizó el diseño 3k con dos factores de estudio, los cuales fueron temperatura y tiempo de pasteurización con 3 niveles (75, 80 y 85 °C) y (10, 15 y 20 min), respectivamente. Los tratamientos fueron sometidos a evaluación sensorial por parte de 80 panelistas no capacitados para calificar la consistencia, olor, color y sabor. Dado que los datos fueron cualitativos, se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman para examinar los efectos del tiempo y la temperatura en las características sensoriales. Asimismo, al mejor tratamiento aceptado para las 4 categorías sensoriales fue sometido a cambios de deterioro para determinar la vida útil, mediante la degradación de sus compuestos fisicoquímicos (fenoles totales, betacianinas y betaxantinas) almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C durante 30, 20 y 10 horas, respectivamente. El fruto de aguaymanto presentó 14,1 °Brix, su acidez estuvo en 1,490 y su pH en 3,6; por su parte la tuna mostró 0,085 de acidez, con un °Brix de 13,1 y el pH estuvo en 5,2. Los factores térmicos fueron significativos con las propiedades organolépticas de los 9 tratamientos del néctar ( $p < 0.05$ ), donde T8 (85 °C x 15 min) mostró puntuaciones altas en color (7,58); olor (7,90); consistencia (7,55) y sabor (7,68). No obstante, el deterioro de los análisis fisicoquímicos siguió una cinética de orden uno. Las energías de activación de primer orden ( $E_a$ ) fueron de 20,858; 17,573; 17,577 kcal/mol-K para betacianinas, betaxantinas y fenoles totales, respectivamente. Utilizando como límite de aceptabilidad del 50% de degradación de estos compuestos, se determinó que el T8 (85 °C x 15 min) alcanza un tiempo de vida útil media de betacianinas a 25 °C de 10 días, a 15 °C de 34 días, a 5 °C de 125 días; para betaxantinas a 25 °C de 12 días, a 15 °C de 33 días, a 5 °C de 100 días y los fenoles totales a 25 °C de 10 días, a 15 °C de 29 días y a 5 °C 88 días.

**Palabras clave:** análisis sensorial, pruebas aceleradas, betacianinas, betaxantinas, fenoles totales, modelos cinéticos.

## ABSTRACT

The research evaluated the effect of pasteurization time and temperature on the acceptability and shelf life of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) mixed nectar with golden gooseberry (*Physalis peruviana* L.). The fruits were of the best quality without the presence of physical damage. The 3k design was used with two study factors, which were temperature and pasteurization time with 3 levels (75, 80 and 85 °C) and (10, 15 and 20 min), respectively. The treatments were subjected to sensory evaluation by 80 untrained panelists to qualify the consistency, smell, color and flavor. Since the data were qualitative, Friedman's nonparametric test was used to examine the effects of time and temperature on sensory characteristics. Likewise, the best treatment accepted for the 4 sensory categories was subjected to deterioration changes to determine the useful life, through the degradation of its physicochemical compounds (total phenols, betacyanins and betaxanthins) stored at temperatures of 45, 55 and 65 °C for 30, 20 and 10 hours, respectively. The aguaymanto fruit presented 14,1 °Brix, its acidity was 1,490 and its pH was 3,6; for its part, the tuna showed 0.085 acidity, with a °Brix of 13,1 and the pH was 5,2. The thermal factors were significant with the organoleptic properties of the 9 nectar treatments ( $p < 0,05$ ), where T8 (85 °C x 15 min) showed high color scores (7,58); odor (7,90); consistency (7,55) and flavor (7,68). However, the deterioration of the physicochemical analyzes followed a kinetics of first order. The first order activation energies ( $E_a$ ) were 20,858; 17,573; 17,577 kcal/mol-K for betacyanins, betaxanthins, and total phenols, respectively. Using 50% degradation of these compounds as the acceptability limit, it was determined that T8 (85 °C x 15 min) reaches a mean useful life time of betacyanins at 25 °C of 10 days, at 15 °C of 34 days, at 5 °C of 125 days; for betaxanthins at 25 °C for 12 days, at 15 °C for 33 days, at 5 °C for 100 days and total phenols at 25 °C for 10 days, at 15 °C for 29 days and at 5 °C for 88 days.

**Keywords:** sensory analysis, accelerated tests, betacyanins, betaxanthins, total phenols, kinetic models.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el ser humano consume alimentos más saludables y nutritivos por lo que optan por consumir néctares hechos de pulpas de frutas (Valencia y Guevara, 2013).

La importancia de las bebidas con alto valor nutricional elaboradas de distintas frutas, conduce a una importante necesidad de efectuar con las normas establecidas para los consumidores y que estos tengan un aporte importante para el fortalecimiento de la salud (Santander-M *et al.*, 2017).

A nivel nacional, procesar alimentos es la labor central en el sector agroindustrial, además procesar los productos y la venta de estos mismo llaman la atención de la industria frutícola que posee un alto potencial económico (Salas *et al.*, 2006).

Las bebidas hechas a base de frutas son ampliamente aceptadas por el consumidor debido a su combinación de propiedades organolépticas. En el mercado nacional existen muy pocas marcas de néctares que sean elaboradas con mix de frutas, en gran parte estas bebidas se elaboran con una sola fruta.

El néctar es un producto elaborado con frutas tropicales que aportan gran cantidad de antioxidantes que previenen los daños en el organismo causados por el estrés oxidativo debido a la presencia de fenoles totales, minerales y vitaminas (Dionisio *et al.*, 2005).

Una bebida elaborada con frutas andinas cuenta con vitaminas y minerales que sirve para el cuerpo humano. Asimismo, para el ser humano es de vital importancia consumir bebidas sin ningún competente químico porque ayuda a mantener un estilo de vida saludable (Pinto *et al.*, 2015).

Por otra parte, se ha hecho lo posible de encontrar nuevas fuentes de proteína y energía que puedan ayudar a satisfacer necesidades del mercado (Chagua *et al.*, 2020); el trabajo de investigación presenta un néctar alternativo para el consumo humano, elaborado con pulpas de tuna y aguaymanto, para obtener un néctar mixto.

La calidad del aguaymanto se basa en la fuente de vitamina C, provitamina A, polifenoles y flavonoides. No obstante, el fruto se utiliza para fines de salud, así también limpia la sangre, fortalece la vista (Chagua *et al.*, 2020).

La tuna puede ser aprovechada la mayor parte como: raíz, flores y sus frutos; se emplea para la fabricación de néctares y otros derivados. No obstante, consumirlos tiene efectos muy saludables e incluso medicinales para la salud humana, presenta un sabor fresco que va de dulce al ácido (Saénz *et al.*, 2009).

Los investigación presenta resultados que permite ampliar los conocimientos sobre el efecto del tiempo y temperatura de pasteurización que ocurre en la aceptabilidad y vida útil del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) en un determinado tiempo de almacenamiento; de modo que el producto sea de beneficio para el consumidor, manteniendo a sus propiedades nutricionales durante el tiempo de vida; además la tuna como el aguaymanto son frutos muy importantes para la salud gracias a sus propiedades nutricionales que cuentan, pues al elaborar un néctar con la mezcla de los dos mejoran sus características nutritivas.

La investigación se planteó el siguiente objetivo general:

Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la aceptabilidad y vida útil del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

Y los siguientes objetivos específicos:

- ❖ Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima (pH, °Brix y acidez).
- ❖ Determinar el grado de aceptabilidad de los diferentes tratamientos.
- ❖ Determinar la vida útil mediante pruebas aceleradas del mejor tratamiento aceptado.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes.

Mendoza (2014) determinó los análisis microbiológicas y sensoriales del néctar de tuna endulzado con Stevia. El néctar fue sometido a evaluación sensorial por 30 personas semi entrenados quienes valoraron las propiedades de olor, sabor y color, al finalizar la evaluación resultó que el néctar más aceptable fue el que estuvo con el 0,5% de stevia. Además, el autor caracterizó bromatológicamente al néctar teniendo como resultado 0,0335 de acidez; pH 5,89 y °Brix de 10; además realizó el análisis microbiológico en la encontró la cantidad de aerobios de (UFC/ml)  $3,6 \times 10^3$ ; coliformes (UFC/ml) menor a 10 y E. coli (UFC/ml) menor a 10. El autor concluye que el néctar con mayor aceptabilidad por los panelistas presenta propiedades sensoriales muy buenas.

Pérez (2014) en su investigación determinó las propiedades nutritivas y parámetros óptimos del néctar mixto de sauco y membrillo; el autor en su investigación desarrolló 3 tratamientos en la que el T2 obtuvo la mayor aceptabilidad, elegido por 30 personas semi entrenados quienes apreciaron las características de olor, sabor y color, posteriormente al néctar fue caracterizado fisicoquímicamente obteniendo resultados de 83,58% de humedad, 0,24% de cenizas, 0,20% de proteína, 0,12% de grasa, 0,36% de fibra, 15,5% de carbohidratos, acidez de 0,778, pH de 3,86 y °Brix de 12, y el análisis microbiológico presentó resultados cercanos a lo que indica la NTP; todo esto sirvió con el fin de detallar características del producto que tuvo mayor aceptación por parte de los panelistas.

Rojas y Ricaldi (2014) evaluaron la aceptabilidad del néctar mixto de granadilla y aguaymanto. El néctar fue evaluado sensorialmente por 20 panelistas semi-entrenados, quienes valoraron atributos como, sabor, textura, color y olor; al terminar la evaluación los autores manifestaron que el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el néctar que en su composición contenía el 60% de pulpa de granadilla y un 40% pupa de aguaymanto. Además, compararon los atributos sensoriales en la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ) que sirvió para verificar la diferencia significativa y elegir el mejor tratamiento. Así mismo, se realizó el análisis fisicoquímico para el tratamiento con mejor aceptabilidad en la que se obtuvo que la proteína alcanzó en un 0,69%, los carbohidratos en un 12,36%, la fibra tuvo un valor de 0,36%, ceniza con valor de 0,57%, grasa de 0,11%, humedad de 85,89%, acidez de 0,612,

sólidos solubles (12,6) °Brix y pH de 4,19. Los autores concluyeron que el néctar presenta características fisicoquímicas y microbiológicas de acuerdo a la normatividad.

Culcapusa (2015) evaluó los parámetros óptimos, microbiológicas, bromatológicas y sensoriales del néctar de aguaymanto. El producto fue evaluado sensorialmente por 30 panelistas semi entrenados de acuerdo a las categorías de color, sabor y olor, al finalizar la evaluación el néctar con más aceptabilidad fue sujeto a caracterización bromatológica presentando resultados de acuerdo a la NTP. Además, el autor determinó las siguientes características microbiológicas en la que encontró  $1,0 \times 10^6$  (UFC/ml) de aerobios viables, coliformes fue menor de 10 (UFC/ml) y E. coli fue menor de 10 (UFC/ml). Así mismo el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el néctar con un porcentaje del 0,3% de stevia. El autor concluye que el néctar con mayor aceptabilidad tiene un mayor grado de propiedades sensoriales.

Gala (2017) en su estudio evaluó la concentración de stevia sobre las características organolépticas del néctar mixto de mashua con aguaymanto, el autor usó prueba de Friedman para poder realizar las comparaciones de los atributos organolépticos como son olor, color, sabor y apariencia general determinados por 15 panelistas semi entrenados; los tratamientos elaborados fueron endulzados con stevia, al finalizar la evaluación el resultado demostró que la M2 tuvo mayor aceptabilidad, con valores aceptables en las características sensoriales. Además, el autor realizó el análisis bromatológico al néctar con mayor aceptabilidad donde llegaron a obtener resultados acordes con la norma técnica peruana, además los análisis de calidad confirmaron la inocuidad del producto. El autor concluye que el néctar más aceptable cumple con el paladar de los panelistas.

Torres y Vidaurre (2015) en su estudio evaluaron la descomposición de los compuestos de una bebida hecha a partir de frutos de arándano con la aplicación los modelos cinéticos químicos a 30, 40 y 50 °C; mediante el método de Arrhenius evaluó la dependencia de la temperatura sobre la tasa de descomposición. Los autores encontraron 1299 mg de ácido gálico/L de compuestos fenólicos y 61 mg de cianidin-3-glucósido/L de antocianinas. Así también las distribuciones de los dos compuestos probados tenían cinéticas de orden uno, con energías de activación para fenoles de 13,4571 kcal/mol y 12,7957 kcal/mol para

antocianinas. Los autores concluyen que la descomposición de los compuestos en la bebida con stevia se incrementa y se conservan.

Sánchez y Cortez (2014) determinaron el tiempo de vida de un néctar elaborado con miel de abeja y jugo de remolacha. Los autores realizaron estudios de cinética química y pruebas rápidas de durabilidad para mantener las muestras a temperaturas de 30, 40 y 50 °C, además establecieron la degradación de vitamina C, betacianinas y evaluación sensorial (sabor y color) durante el almacenamiento. La descomposición de los compuestos de vitamina C y betacianinas sigue la cinética de orden uno. Sus energías de activación fueron de 23,645 kcal/mol de betacianinas y 24,023 kcal/mol de vitamina C. Con las ecuaciones de la degradación de orden uno y el modelo de Arrhenius, determinaron la vida útil de 7 días en condiciones de almacenamiento de 26 °C; 41 y 39 días se almacenó a 14°C; 187 y 178 días en la condición de almacenamiento 4°C. Dichos autores detallaron que las condiciones de almacenamiento a 4 °C ofrecen una mayor vida útil a la bebida.

Yurivilca (2014) en su estudio reportó datos cinéticos de descomposición térmica de compuestos del néctar de pulpa de tuna durante la pasteurización; el autor utilizó pulpa con los análisis adecuados para la fabricación; el producto fue pasteurizado a 70, 80 y 90°C por 7, 9 y 11 min. Para las betacianinas la degradación cinética presentó valores de 0,228 min<sup>-1</sup>; 0,280 min<sup>-1</sup> y 0,281 min<sup>-1</sup> para temperaturas de 70, 80 y 90 °C respectivamente; y la energía de activación de 2,587 kcal/mol. Por otra parte, el autor encontró que para las betaxantinas las tasas de degradación son 0,00461 min<sup>-1</sup>; 0,00806 min<sup>-1</sup> y 0,00392 min<sup>-1</sup> para temperaturas de 70, 80 y 90 °C respectivamente, y con energía de activación de 1,862 kcal/mol, así mismo el autor determinó que la degradación de las betaninas en el néctar sigue la cinética de orden uno, además llegó a concluir que los compuestos bioactivos no son termoestables y que es de gran importancia en el valor de la cinética química.

## 2.2. Bases teóricas.

### 2.2.1. Tuna (*Opuntia ficus-indica*).

#### 2.2.1.1. Origen.

La tuna se ha conocido en Europa, África, Oceanía y Asia donde se cultivan y se encuentran en forma silvestre (Sáenz, 2006). La familia de las cactaceae en el Perú encontrada en las épocas pre agrícolas hace 10 000 años de antigüedad en forma de



semillas que tenía una antigüedad de 11 800 años (Castro *et al.*, 2009). La tuna se puede encontrar en diferentes zonas de nuestro país, específicamente en los valles andinos donde existe las condiciones apropiadas para su producción (Vizcarra, 2017). Este fruto se ha desarrollado de la mejor manera en nuestro país por lo cual existen muchas variedades del género que puede ser aprovechado para el consumo (Mendoza, 2014).

#### 2.2.1.2. Descripción botánica.

La planta de tuna alcanza hasta 5 metros de altura, está formada por hojuelas o pencas grandes encajadas y aplanadas una sobre otra. Es conocido como nopal, tiene una superficie de color verde intenso, morado o anaranjado, cuenta con muchas espinas de diferentes tamaños y sus flores presenta un color amarillo rojizo. No obstante, esta planta xerofítica habita en zonas desiertas, donde hay presencia de suelos arenosos y calcáreos. Además, se desarrolla a temperaturas de 18 a 26 °C, requiere entre 500 y 600 mm de precipitación anual. Por otra parte, el cuidado debe ser con podas periódicas; y su reproducción es por semillas o pencas (Villabona, *et al.*, 2013).

La tuna tiene un aspecto característico, formado por tallos articulados, segmentos achatados y ovalados; esta planta crece en terrenos donde los demás cultivos tienden a limitarse por ausencia de agua (Coavoy, 2015).

#### Tabla 1

*Clasificación taxonómica de la tuna (Opuntia ficus-indica)*

Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
División	Magnoliophyta
Familia	Cactaceae
Género	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i>

Fuente: Castro *et al.* (2009).

#### 2.2.1.3. Composición nutricional.

Es una fruta con bastante pulpa que tiene diferente tamaño, forma y color de acuerdo a la variedad, posee alto valor nutricional y bajo en acides, lo que conlleva a ser un fruto con sabor dulce y agradable (Guerrero-Beltrán y Ochoa-Velasco, 2010).

## Figura 1

*Fruto de tuna*



**Tabla 2**

*Composición nutricional de tuna fresca (Opuntia ficus-indica)*

<b>Nutrientes</b>	<b>Valores por cada 100 g de pulpa</b>
Humedad (g)	84-89
Energía (kcal/kJ)	47-67/196-280
Proteína (g)	0,73
Lípidos totales (g)	0,51
Cenizas (g)	1,64
Carbohidratos (g)	10-15
Fibra total (g)	3,6
Calcio (mg)	59
Hierro (mg)	0,3
Fosforo (mg)	24
Magnesio (mg)	98,4
Sodio (mg)	5
Ácido ascórbico (mg)	18-23
Tiamina (mg)	0,014
Riboflavina (mg)	0,060
Niacina (mg)	0,460

Fuente: Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, (2010).

#### 2.2.1.4. **Propiedades y beneficios.**

Actualmente la tuna tiene muchas bondades para la salud, este fruto se considera que tiene un aporte nutricional en las dietas humanas, como también a las propiedades astringentes, antisépticas y digestivas que brinda el fruto (Taype, 2018).

La tuna presenta un valor nutritivo considerable e importante que aporta al ser humano al momento de consumirlo, de las cuales tenemos a las proteínas, carbohidratos, proteínas y vitaminas; ya que gracias a estas propiedades se puede disminuir el colesterol y reduce la concentración de triglicéridos (Taype, 2018).

#### 2.2.1.5. **Usos y consumo.**

La tuna tiene un sabor muy rico que puede ser consumida directamente, en jugos, mermeladas y otros postres, esto hace que al ingerirlas aporten muchos efectos beneficiosos y medicinales para la salud. Además, es significativo la coloración que adquiere cuando madura totalmente (Landázuri, 2013).

Por otra parte, existe diferentes derivados de productos a base de esta fruta tales como los licores, refresco, colonche con canela, tesgüño, pulque, curado, mermeladas, jaleas, gelatinas, almíbar, salsas, etc. (Landázuri, 2013).

### 2.2.2. **Aguyamanto (*Physalis peruviana L.*)**

#### 2.2.2.1. **Origen.**

Fruta oriunda de los andes, que forma parte de nuestro Perú, en la época prehispánica se inició a consumir esta fruta, también se conoce como “tomatillo silvestre, “capulí”, fruto conocido desde la época incaica, cultivada en jardines reales (Navarro, 2015).

#### 2.2.2.2. **Descripción botánica.**

Es una planta con raíz fibrosa con tallo de color verde con vellosidades, sus hojas tienen la forma de corazones. Sus flores cuentan son de color amarillo, son hermafroditas que presentan cinco sépalos. Así mismo el fruto es de forma redonda, presenta un diámetro entre 1,25 a 2,5 cm y pesan de 4 a 10 g; cuenta con el cáliz que lo cubre de los animales que abunda en la naturaleza. La pulpa tiene sabor ácido y contiene entre 100 a 320 semillas (Díaz, 2018).

**Tabla 3**

*Clasificación taxonómica del aguaymanto (Physalis peruviana L.)*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
Clase	Dicotiledónea
División	Fanerógama
Orden	Tubiflora
Familia	Solanácea
Subreino	Tracheobionta
Sub clase	Gamopétala
Género	Physalis
Especie	<i>(Physalis peruviana L.)</i>

Fuente: Díaz, (2018).

**2.2.2.3. Composición nutricional.**

El aguaymanto es una fruta que presenta un gran contenido de vitamina A, ayuda a mejorar la salud y piel del consumidor, es rica en fósforo, aporta beneficios para prevenir la osteoporosis; es rica en hierro, y fundamental para la purificación de la sangre en mujeres embarazadas (Espinoza, 2016).

**Figura 2**

*Fruto de Aguaymanto*



**Tabla 4**

*Valor nutricional del aguaymanto (Physalis peruviana L.)*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido de 100 gramos de aguaymanto</b>
Humedad (g)	78-90
Carbohidratos (g)	16
Ceniza (g)	1,01
Fibra (g)	4,90
Grasa Total (g)	0,16
Proteína (g)	0,05
Ácido ascórbico (mg)	43
Calcio (mg)	8
Caroteno (mg)	1,61
Fosforo (mg)	55,30
Hierro (mg)	1,23
Niacina (mg)	1,73
Riboflavina (mg)	0,03

Fuente: Espinoza, (2016).

#### 2.2.2.4. **Propiedades y beneficios.**

El aguaymanto es un fruto con muchos beneficios para la salud, ayuda al sistema digestivo. Este fruto purifica la sangre, ayuda al nervio óptico, contribuye con la diabetes, alivia las afecciones de la garganta y la artritis incipiente (Ruiz, 2014).

#### 2.2.2.5. **Usos y consumo.**

El fruto posee gran cantidad de características fisicoquímicas y organolépticas que facilita a la industria alimentaria la obtención de variados productos. No obstante, se puede obtener productos como mermelada, jaleas, almíbar, néctares, licores, vinagre, colados, batidos (Navarro, 2015).

#### 2.2.3. **Néctar.**

- a) **Definición:** Es el resultado de la pulpa de frutos más la adición de agua potable, azúcar, conservantes naturales o sintéticos y preservante (García, 2014).

b) **Características fisicoquímicas de un néctar.**

De acuerdo a la ONUAA (1998) las características de un néctar deben estar bajo las siguientes características:

- ❖ La presencia de sólidos solubles debe estar entre el 12% a 20 °C.
- ❖ La acidez titulable de estar entre 0,4 a 0,6.
- ❖ Los sólidos en suspensión deben estar entre los 18 % (v/v)
- ❖ El pH debe estar en un rango de 3,3 a 4,2.

c) **Diagrama de flujo del néctar.**

**Pesado:** la materia prima se cuantifica para establecer la utilidad del producto (FAO, 2014).

**Selección:** consiste en seleccionar la fruta sin ninguna magulladura o deformaciones (FAO, 2014).

**Lavado:** se lava con abundante agua purificada y posteriormente se desinfecta con hipoclorito de sodio (FAO, 2014).

**Pelado y troceado:** la fruta se corta de diferentes formas, para luego retirar la cáscara más externa. Luego se parte en cuartos dependiendo de la fruta (FAO, 2014).

**Escaldado:** la fruta es sometida a ebullición durante 2 a 3 minutos para prevenir el oscurecimiento de la fruta y que esta no cambie de sabor (FAO, 2014).

**Extracción de la pulpa:** es extraída mediante una licuadora industrial (FAO, 2014).

**Formulación:** en esta operación se aplica la fórmula para obtener cantidades exactas de los insumos y de esta manera poder pesar los ingredientes. En general el néctar puede presentar valor de 12,5 °brix y un pH entre 3,5 a 3,8 (FAO, 2014).

**Mezclado:** se mezclan todos los insumos y se calienta hasta los 50 °C para poder disolver los ingredientes (FAO, 2014).

**Pasteurización:** en esta operación al néctar formulado se lleva a pasteurización a 85 °C por 10 minutos (FAO, 2014).

**Llenado y sellado:** el néctar caliente se es llevado a una llenadora donde es envasado en envases de vidrio, tetra pack y entre otros (FAO, 2014).

**Embalaje y almacenamiento:** una vez que los envases están llenos y bien secados, se adhiere la etiqueta con mucho cuidado para que no presente problemas. Esta contiene la

fecha de producción y vencimiento, posteriormente se almacena en un lugar adecuado con buena refrigeración (FAO, 2014).

#### 2.2.4. Evaluación sensorial.

Es aplicado para diferentes tipos de alimentos, que se basa principalmente en los gustos y preferencias del consumidor. Además, garantizamos que los productos no son tóxicos y tienen propiedades fisicoquímicas estables (García, 2014).

Además, es un procedimiento que se realiza a todo tipo de alimentos, durante el cual un grupo de evaluadores recopila información de la observación o percepción humana (Ureña *et al.*, 1999).

##### 2.2.4.1. Clasificación de análisis sensorial.

Se clasifica de acuerdo al objetivo de la investigación que está orientado el producto y al consumidor (Ureña *et al.*, 1999).

###### a) Análisis orientados al producto.

Permite obtener datos para su procesamiento mediante el análisis estadístico, hace referencia sobre las características de los alimentos que se analizan. Por su parte este análisis es discriminativo que permite categorizar muestras y facilita conocer los perfiles sensoriales.

- **Discriminativos para diferencias:** los panelistas o evaluadores analizan las condiciones de la muestra y asignan puntaje de acuerdo a las categorías establecidas.
- **Discriminativos para muestras:** los panelistas analizan y opinan sobre las categorías de las muestras de cada producto según su apreciación y de acuerdo al atributo que distingue.
- **Discriminativos para perfiles sensoriales:** los jueces analizan las muestras, los cuales identifican los atributos o características sensoriales.

###### b) Orientadas al consumidor.

Es el análisis que permite obtener datos para valorar la capacidad analítica sensorial de los panelistas mediante el análisis estadístico adecuado; hace referencia sobre un conjunto de posibles usuarios los cuales se detalla a continuación:

- Discriminativos sirve para establecer la percepción del juez mediante su capacidad de apreciar o de identificar distintos estímulos.
- Afectivos mediante una muestra que el juez puede manifestar si aceptar o rechazar.

#### 2.2.4.2. **Tipo de Juez.**

Los jueces son los evaluadores necesarios para la prueba sensorial, son muy importantes para identificar y apreciar los atributos organolépticos de un producto. Existen cuatro tipos de juez los cuales son experto, entrenado, semi entrenado y el consumidor o no entrenado (Solis, 2008).

- **Juez experto:** es la persona con mucha experiencia en degustar una muestra de alimento; posee capacidad para percibir diferentes peculiaridades.
- **Juez entrenado:** persona con mucha habilidad para degustar de algunas propiedades sensoriales del alimento; ha recibido capacitaciones teóricas y prácticas para poder medir una prueba.
- **Juez semi entrenado:** son personas capacitadas que poseen habilidades importantes, además participan en pruebas sencillas con muestras de alimentos.
- **Juez Consumidor:** Son personas que no están vinculados al trabajo con alimentos, pero si pueden dar sus percepciones de un producto al momento de consumirlo; estas personas son tomadas al azar para realizar un análisis sensorial de los productos.

#### 2.2.4.3. **Cantidad de jueces para evaluación sensorial.**

Actualmente no hay un acuerdo unánime en la cantidad de jueces para realizar el análisis sensorial de distintas muestras de alimentos. Las experiencias de los consumidores indican que para realizar pruebas analíticas se debe tener en cuenta jueces bien entrenados para que sus respuestas sean reproducibles a través del tiempo (Sánchez y Cortez, 2014). No obstante, el evaluador o Juez debe considerar condiciones y diferentes sugerencias tales como:

- No realizar evaluaciones sensoriales a la anterior o posterior hora de la comida.
- No ingerir bebidas alcohólicas, no fumar o degustar otro alimento.
- Evitar utilizar perfumes, lociones o pinturas en los labios.
- Enjuagar la boca con abundante agua destilada.
- Debe disponer de su tiempo, además debe realizar pausas entre pruebas para evitar la fatiga.

#### 2.2.4.4. **Tipos de análisis estadísticos.**

Los datos del análisis sensorial pueden ser paramétricos y no paramétricos que son analizados a través del análisis estadístico (Ureña *et al.*, 1999).



- **Análisis paramétricos:** Es el análisis cuantitativo con distribución normal y de manera independiente con mejor ajuste y homogeneidad de varianza.
- **Análisis no paramétricos:** son datos nominales que pueden ser utilizados para prueba de una o más hipótesis de análisis discriminativos o análisis secuencial.

#### 2.2.5. Características fisicoquímicas y microbiológicas.

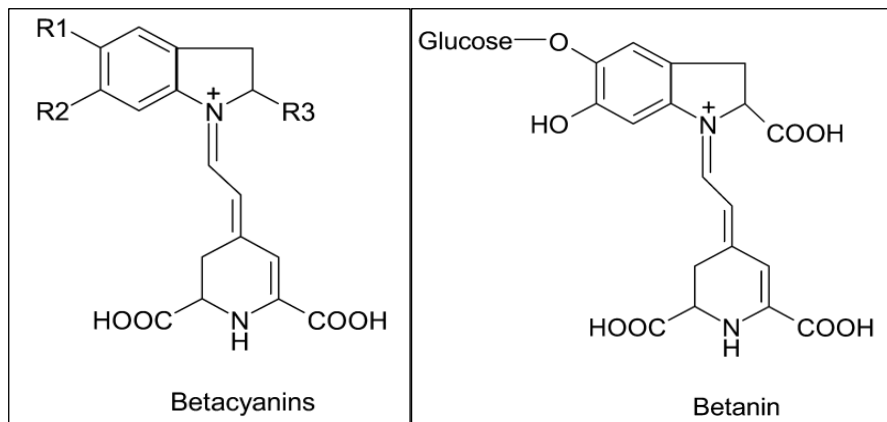
- a) **Fisicoquímicas:** Mantener al producto estable, sin reacciones químicas, con propiedades beneficiosas para la salud del consumidor (García, 2014).
- b) **Microbiológicas:** Los patógenos son causantes de muchas enfermedades que pueden ser transmitidos a los consumidores por la ingesta de alimentos en mal estado (Ocampo, 2000).

#### 2.2.6. Betalaínas.

Son derivados del ácido betámico que se pueden disolver en agua; el color púrpura rojizo es responsable la betacianinas y la betaxantina del color amarillo anaranjado (Sáenz, 2006; Castellar *et al.*, 2003). Las betacianinas forman parte del grupo 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA). La betaxantina se conjuga con aminoácidos o sus derivados (Azeredo, 2008; Herbach *et al.*, 2006). Contienen ácido betámico que permite estudiar los pigmentos por absorción en el espectro visible de la luz ultravioleta. Las betacianinas alcanzan su punto máximo a 535 nm y la betaxantina a 460-480 nm (Skoog *et al.*, 2003). La betalaína exhibe actividad antioxidante en los sistemas biológicos por la presencia del amino cíclico y el grupo fenólico idóneos de conceder electrones y átomos de hidrógeno, ayudando a estabilizar los radicales libres (Tesoriere *et al.*, 2005). Por otro parte, las betalaínas en su naturaleza catiónica facilita la interacción de pigmentos hidrosolubles (Kanner *et al.*, 2001). No obstante, la estructura las betalaínas influyen en su actividad antioxidante (Cai *et al.*, 2003).

**Figura 3**

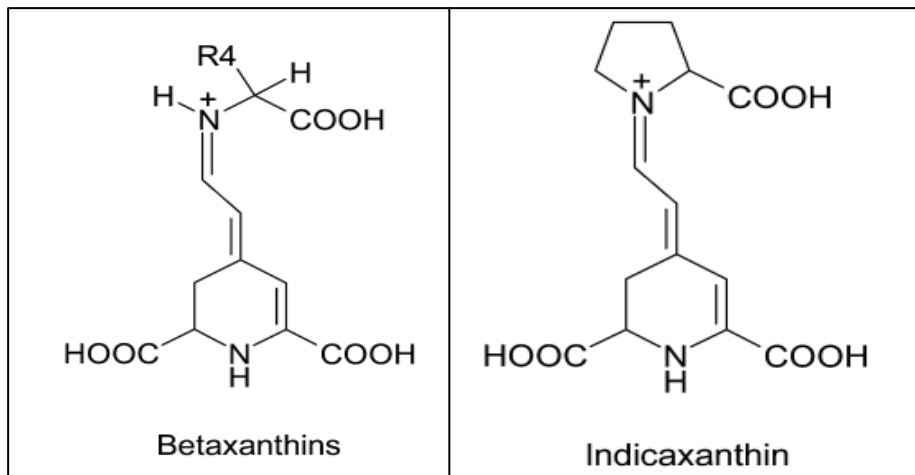
*Estructura de betacianinas*



Fuente: Allegra *et al.* (2005)

**Figura 4**

*Estructura de betaxantinas*



Fuente: Allegra *et al.* (2005)

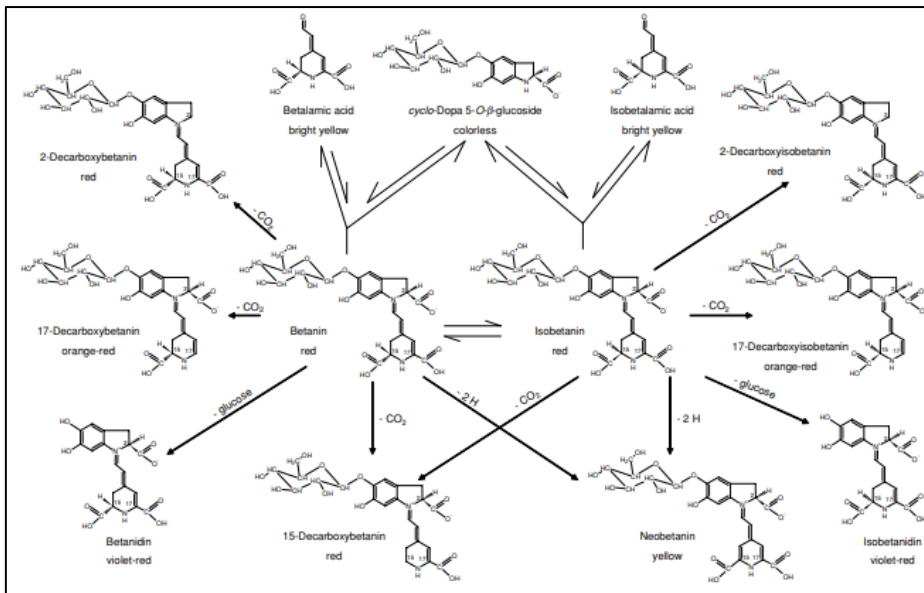
#### 2.2.6.1. Degradación de betalaínas.

La betalaínas se degrada mediante distintas maneras tales como la deshidrogenación, isomerización, desglicosilación, descarboxilación e hidrólisis que se ha puntualizado fundamentalmente para la betanina e isobetanina (Herbach *et al.*, 2006).

En la Figura 5 se muestran las rutas de deterioro de estos compuestos.

## Figura 5

### Rutas de degradación de betanina e isobetanina



Fuente: Herbach *et al.* (2006)

- ❖ **Isomerización:** el compuesto de betanina se isomerizan en el carbono número 15. Además, los ácidos beta-ámicos y las indicaxantinas son sensibles a la isomerización, y la indicaxantina también se isomeriza en C<sub>11</sub> (Schwartz y von Elbe, 1983).
- ❖ **Desglicosilación:** se considera que en su proceso existe condiciones ácidas y altas temperatura, que provoca cambios batocrómicos para la obtención del color rojo púrpura oscura por la presencia de aglicona (Herbach *et al.*, 2006).
- ❖ **Hidrólisis:** El color de la betanina disminuye por causa de su ruptura de sus compuestos generando ácido betalámico de color amarillo brillante (Herbach *et al.*, 2006). Por otra parte, el enlace aldimina sufre ruptura con un pH de 6 (Huang y von Elbe, 1985).
- ❖ **Descarboxilación:** origina un desplazamiento hipsocrómico que permite la deslocalización de los electrones  $\pi$ . No obstante, la betanina puede ser descarboxilada en los carbonos 15 y 17 (Herbach *et al.*, 2005). Por otro lado, la descarboxilación ocurre en los carbonos 2, 15 y 17 de las betacianinas y en los carbonos 11 y 13 de las betaxantinas.
- ❖ **Deshidrogenación:** mediante la isobetanina se produce el color rojo (14,15-dehidroxibetanina). Se ha comprobado la formación del compuesto llamado

neobetanina en néctares de betarraga en condiciones anaeróbicas (Herbach *et al.*, 2005).

#### 2.2.6.2. Estabilidad de betalaínas.

Varios investigadores han estudiado la estabilidad de la betalaína que han demostrado que es afectada por factores como la temperatura, presencia de luz, pH, aw, actividad enzimática (Castellar *et al.*, 2003; Herbach *et al.*, 2006).

- ❖ **Temperatura:** Durante el almacenamiento el factor con mayor importancia es la temperatura para la estabilidad de la betalaína. Además, esta puede degradarse por isomerización y/o descarboxilación. Su color se conserva, pero el cambio de absorción de 538 nm a 505 nm da como resultado el color rojo anaranjado por el efecto hipsocrómico (Azeredo, 2008). La deshidrogenación de la betanina forma el color amarillo brillante para la producción de hidrólisis de ácido betámico (Herbach *et al.*, 2006).
- ❖ **pH:** El rango de pH de la mayoría de los alimentos está entre 3,0 a 7,0 lo que no afectaría al color que aporta la betalaína. El pH óptimo para maximizar la duración de las betacianinas en presencia de oxígeno es de 5,5 a 5,8 y para las betaxantinas está entre 5,0 a 6,0, respectivamente (Sánchez, 2006).
- ❖ **Luz:** La degradación de la betalaína puede seguir una cinética dependiente del oxígeno de orden uno. Además, se explica que la degradación se debe por la presencia de luz en la banda UV-Vis, que excita los electrones portadores de color de las betalaínas a estados de mayor energía (Herbach *et al.*, 2006).
- ❖ **Actividad de agua (aw):** Es un factor que permite reacciones de degradación bioquímica y que afecta a la estabilidad de las betalaínas. La aw facilita el rompimiento del enlace aldimina del colorante (Herbach *et al.*, 2006); es más estable cuando la aw es inferior a 0,63. Las betalaínas naturales de fondo son estables en soluciones puras por el bajo contenido de agua (Herbach *et al.*, 2005). No obstante, al aplicar métodos como el secado por aspersion y la concentración para reducir la aw las betalaínas tienen una mejor estabilidad (Castellar *et al.*, 2003).
- ❖ **Oxígeno:** Provoca la pérdida del pigmento en soluciones saturadas de aire. La degradación atmosférica sigue el modelo de primer orden, pero se desvía del modelo de orden uno sin la presencia de oxígeno. Se deben usar medios hipóxicos para

aumentar la estabilidad de la betalaína. Un estudio de almacenamiento del sistema modelo que utilizó betalaína (15 °C, pH 7 durante 6 días) mostró un aumento del 15 % en la decoloración para el oxígeno en comparación con el nitrógeno. Por otro lado, en una solución calentada a 15 °C por 130 min y pH de 4,75 aumenta de 54% a 92% usando hipoxia (Castellar *et al.*, 2003).

- ❖ **Presencia de metales:** Los complejos de pigmentos metálicos con hierro y aluminio pueden exhibir un efecto de baño de color. Sin embargo, en los jugos que contienen colorantes de beta-amida son más bajos (Azeredo, 2008).

#### 2.2.7. Fenoles totales.

Son considerados metabolitos secundarios pertenecientes a un grupo de sustancias químicas caracterizadas por un grupo fenólico para las plantas porque ayudan a resistir el ataque de microbios, insectos y microbios. Así también ayudan a la exposición al estrés, incluida la radiación UV y temperaturas relativamente altas, mientras ayudan a mantener la integridad (Condezo, 2011).

Por otra parte, estos compuestos pueden interferir en la reproducción de las plantas que aportan defensas contra la radiación ultravioleta, depredadores y patógenos. Sin embargo, estos compuestos son de gran interés en la actualidad debido a su amplia gama de actividades biológicas y son considerados como uno de los compuestos más importantes porque contribuyen al mejoramiento de la salud humana. Los polifenoles se relacionan con sus propiedades antioxidantes para eliminar metales, inhibir la actividad enzimática lipoxigenasa. De hecho, diferentes organizaciones recomiendan comer al menos cinco raciones de verduras o frutas al día para fortalecer el cuerpo humano mediante el contenido de antioxidantes (Peñarrieta *et al.*, 2014).

Los polifenoles tienen diferentes estructuras como los ácidos fenólicos y flavonoides. Además, estos compuestos contienen uno o más grupos de hidroxilo que puede variar con las moléculas de fenol y de los polímeros (Vicente, 2019).

##### 2.2.7.1. Deterioro de fenoles totales.

**Por vía aeróbica:** El oxígeno disuelto afecta negativamente a la estabilidad de los fenoles totales, debido a que puede eliminarse por diferentes métodos, por ejemplo, por reacción con la glucosa oxidasa (Peñarrieta *et al.*, 2014).

**Por temperatura:** Debido a su alta solubilidad en agua, estos pigmentos se pierden fácilmente con el lavado, la decoloración de la fruta se acelera con el aumento de la temperatura, y cuando se prefiere la extracción, incluso es posible obtener el producto es casi incoloro (Peñarrieta *et al.*, 2014).

#### 2.2.8. Deterioro químico de los alimentos.

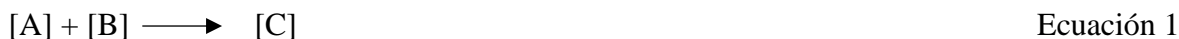
Algunas reacciones reducen la calidad, mientras que otras provocan la formación de colores u olores inusuales y acortan el tiempo de vida de los alimentos (García *et al.*, 2013).

La cinética química estudia las reacciones químicas que permite cuantificar los mecanismos de interacción y constantes de velocidad para predecir la vida de anaquel de los productos (Piagentini *et al.*, 2004).

Dado que se considera que los alimentos son un sistema de múltiples componentes, son muy complejos, por lo que es difícil identificar distintos mecanismos de reacción química que permita conocer la calidad del alimento, o utilizar las matemáticas apropiadas para explicar la cinética de las reacciones siempre es posible identificar un modelo específico. Así que tenemos que hacer algunas suposiciones. (González-González *et al.*, 2016).

Por otra parte, la cinética química mide la velocidad de reacción para obtener ecuaciones que adopten las variables experimentales. Durante muchos años, el método de crear modelos simples según el nivel de mejora se ha utilizado para identificar diferentes reactivos y productos finales (González-González *et al.*, 2016).

Esto se debe a la derivada del tiempo mediante la velocidad de reacción, que se puede realizar en una transformación química de acuerdo a la ecuación 1:



Además, esta velocidad de reacción es plasmada de acuerdo a la ecuación 2:

$$V = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[B]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} \quad \text{Ecuación 2}$$

La presencia del signo negativo en las concentraciones de los reactantes [A] y [B] indica que disminuye al pasar el tiempo; distinto con el producto de la reacción [C] que su signo es positivo por el aumento de la concentración con respecto al tiempo.

Por otra parte, la velocidad se expresa de forma experimental en la ecuación 3:

$$V = k[A]^i[B]^j \quad \text{Ecuación 3}$$

La reacción de un solo reactivo y orden (n) son expresadas de acuerdo a la ecuación 4:

$$\pm \frac{d[A]}{dt} = k[A]^n$$

Ecuación 4

Dónde: n: orden de reacción; t: tiempo; k: constante de velocidad, A: factor de calidad a medir.

No obstante, la pérdida o destrucción del factor de calidad A (nutrientes, compuestos bioactivos, sabores, etc.) es relacionado con el signo negativo, y la obtención de un producto indeseable (pardeamiento no enzimático, coloración, formación de peróxidos etc.) es relacionado al signo positivo.

Los resultados obtenidos para predecir el deterioro de compuestos nutritivos no suelen verse como una medida, sino como un valor a lo largo del tiempo. Para obtener el grado de daño, los datos deben transformarse utilizando un gráfico cinético (Alvarado, 2013).

a) **Orden de reacción.**

Las moléculas involucradas en la formación de un reactivo se denomina orden de reacción (n). Existen investigaciones que comprenden los mecanismos implicados en las respuestas de los nutrientes y biología. Gran parte de la investigación se simplifica para la cinética de orden cero, orden uno se adapte a situaciones difíciles sin necesidad de intuir el mecanismo (Sánchez y Cortez, 2014).

Por otra parte, distintas investigaciones para deterior de los alimentos han encontrado la cinética de la reacción de orden dos, pero esta es menos utilizada (Labuza, 1984).

b) **Velocidad de reacción.**

Los cambios de concentración a lo largo del tiempo en los sistemas alimentarios son enfocados a las tasas de reacción. Sin embargo, estas velocidades proporcionan una medida de la estabilidad y reactividad de los sistemas químicos (Heldman y Lund, 2007).

Se ha determinado distintos factores que afectan a la velocidad de reacción tales como:

- Factores ambientales (temperatura, presión, disponibilidad de oxígeno)
- Productos y catalizadores, concentración de los reactivos.
- Las propiedades fisicoquímicas (viscosidad, fuerza iónica y conductividad).
- Longitud de onda e intensidad de la luz.

Además, los cambios químicos en el sistema del alimento se controlan a través de la cinética de reacción. Además, las propiedades físicas y químicas, también pueden describirse mediante métodos cinéticos. Por ejemplo, el color, textura que ocurren con

una comida pueden explicarse por la cinética de reacción. Está claro que los mecanismos de reacción más complejos representan el efecto final (Heldman y Lund, 2007).

c) **Reacción de orden cero.**

Las velocidades independientes de la concentración pueden ocurrir en dos casos diferentes. Las velocidades de reacción son independientes o también los reactivos son tan altos que la velocidad de reacción disminuye. (Labuza y Riboh, 1982).

Por otra parte, asumiendo  $n=0$  y reemplazando en la ecuación 4 resulta una expresión simplificada tal como se muestra en la ecuación 5.

$$-\frac{d[A]}{dt} = k \quad \text{Ecuación 5}$$

Posteriormente al integrarse la ecuación 5 resulta una ecuación lineal como lo representa la ecuación 6:

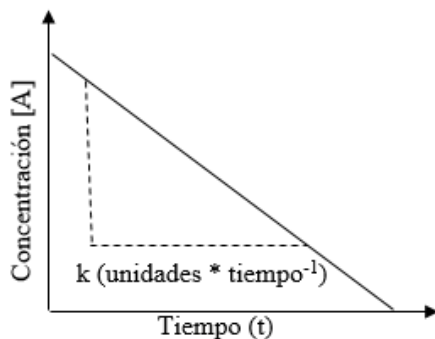
$$A = A_0 - kt \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

A: cantidad del atributo, k: constante de velocidad de reacción; t: tiempo;  $A_0$ : valor inicial de atributo de calidad.

**Figura 6**

*Pérdida de la calidad del atributo [A] según la reacción de orden 0*



Fuente: Labuza (1984)

La regresión lineal simple permite establecer la linealidad de datos experimentales de un método estadístico. Es el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) determina el mejor ajuste de los datos. Por otra parte, el  $R^2 = 1$  muestra que los datos se encuentran en línea recta. Además, hay varias medidas estadísticas que facilita evaluar la relevancia de los datos es la raíz del error cuadrático medio (RMSE) (Labuza, 1984).



d) **Reacción de primer orden.**

La calidad de los productos alimentarios no suele seguir una tasa constante de degradación a menos que siga un modelo de degradación dinámica  $n=1$  que represente una tasa exponencial de degradación de la calidad del producto (Labuza, 1984).

Posteriormente reemplazando  $n=1$  resulta la siguiente expresión detallada en la ecuación 7:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^1 \quad \text{Ecuación 7}$$

Seguidamente integrando la ecuación 7 resulta una ecuación lineal expresada en la ecuación 8:

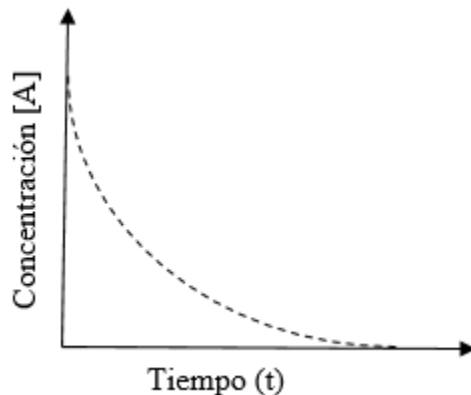
$$\ln [A] = \ln [A_0] - kt \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$A_0$ : concentración inicial del atributo;  $k$ : constante de velocidad de reacción y  $t$ : tiempo de almacenamiento.

**Figura 7**

*Pérdida de la calidad del atributo [A] según la reacción de orden 1*



Fuente: Labuza (1984)

e) **Reacción de segundo orden.**

Esta reacción no es un mecanismo real debido a que la concentración del compuesto es de potencia dos e independiente a la velocidad de reacción. Además, son menos frecuentes en los sistemas alimentarios por las diferentes reacciones de sus moléculas (Labuza y Riboh, 1982).

Por otro lado, la cinética de reacción puede ser unimoleculares o bimoleculares; asumiendo que  $n=2$  resulta valores como se expresa en la ecuación 9:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2 \quad \text{Ecuación 9}$$

Seguidamente, integrando la ecuación 9 resulta una expresión más simplificada tal como se muestra en la ecuación 10:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} + kt \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

T: tiempo de almacenamiento; k: constante de velocidad;  $A_0$ : concentración inicial del atributo y A: concentración del atributo.

### 2.2.9. Vida útil con pruebas aceleradas.

Durante el tiempo de vida de un alimento esta conserva sus propiedades organolépticas y la seguridad aceptable para el consumidor, y se almacena en condiciones óptimas predeterminadas, a diferencia de factores como el ambiente, temperatura, humedad, proceso térmico al que está sujeto el producto (Heldman y Lund, 2007). Los factores de cambio se muestran por la perdiendo el color, sabor, textura y nutrientes. Para estimar la vida que dura un alimento, es necesario determinar los cambios biológicas o químicas que afectan la calidad e inocuidad del alimento, teniendo en cuenta la composición y procesamiento del alimento que identifica las respuestas más importantes (Cuastumal *et al.*, 2016).

Así también, el tiempo de vida de un producto desde su elaboración hasta su deterioro de un alimento es afectado por la temperatura, luz, nivel de oxígeno, humedad, etc. (León, 2010). Por otra parte, la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial es de gran importancia evaluar para determinar el tiempo que dura un producto alimentario (Porcar, 2016).

A todo esto, el sector alimentario lo urge obtener productos en poco tiempo con la información adecuada para la vida útil. Finalmente, aplicar métodos de prueba de vida útil acelerada (ASLT) es simple porque permite acortar el tiempo de prueba de algunos productos que tienen duración larga (Valle, 2014).

#### a) Dependencia de la temperatura.

La temperatura influye sobre la constante de velocidad de reacción mediante el modelo de Arrhenius. Este modelo corresponde a los cambios de temperatura con distintas

reaaciones. Además, es un modelo lineal en que la constante de velocidad depende del tiempo (Valle, 2014), su expresión se representa en la ecuación 11:

$$k = k_0 \exp (-E_a/RT) \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

T: temperatura (K); R: constante de los gases (1,987207 cal/mol), k: constante cinética de reacción; k<sub>0</sub>: factor pre exponencial y E<sub>a</sub>: energía de activación.

Por otro lado, este modelo se usa a menudo para referir la temperatura de fondo de las reacciones en muchos sistemas alimentarios. Los cambios en el sistema de reacción pueden ocurrir a temperaturas más altas. Por ejemplo, el patrón de caída puede cambiar en condiciones de temperatura debido al efecto del estrés (Heldman y Lund, 2007).

No obstante, el modelo de Arrhenius evalúa la E<sub>a</sub> y k<sub>0</sub> son parámetros independientes de la temperatura (Labuza, 1984).

Posteriormente si pasamos a logaritmos la ecuación 11 resulta valores lineales tal como se muestra en la ecuación 12:

$$\text{Ln}k = \text{Ln}k_0 - \frac{E_a}{R} * \frac{1}{T} \quad \text{Ecuación 12}$$

### 2.3. Marco conceptual.

#### 2.3.1. Aceptabilidad.

Es empleado mediante una encuesta para determinar si le gusta o no un producto alimentario al consumidor, además, es útil para evaluar nuevos productos que pueden ingresar a un mercado competitivo (Gonzales, 2014).

#### 2.3.2. Pasteurización.

Se realiza mediante la aplicación de temperatura inferior a 100 °C para alargar la vida del producto y sirva para el consumo humano por un largo tiempo (Encina *et al.*, 2013).

#### 2.3.3. Parámetros óptimos.

Son requisitos de un proceso para controlar, medir y evaluar el proceso y, cuando se implementan, se pueden observar los efectos sobre las propiedades fisicoquímicas del alimento (Badui, 2006).

#### 2.3.4. Carboximetil celulosa (CMC).

La higroscopicidad, como la alta viscosidad en soluciones diluidas y la buena formación de película hace que tenga como agente protector y aglutinante. Es ampliamente utilizado,

principalmente como espesante, como relleno, fibra dietética, agente anti aglomerante y emulsionante (Terán y Escalera, 2007).

#### **2.3.5. Sorbato de potasio.**

Proporciona estabilidad biológica a los productos alimentarios, gracias a su efecto fungistático. Además, impide la formación de malos olores por el bajo contenido de gránulos esféricos (Corpas y Tapasco, 2012).

#### **2.3.6. Ácido cítrico.**

Es acidulante y regulador de pH en distintos productos alimentarios, así también es utilizado para prevenir la oxidación enzimática y como saborizante en la industria alimentaria (Mesa *et al.*, 2005).

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Ubicación.

El estudio permitió elaborar el néctar mixto de tuna con aguaymanto en el laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, el estudio de aceptabilidad se realizó con estudiantes de la misma universidad; la estimación de vida útil del mejor tratamiento se realizó mediante pruebas aceleradas en el laboratorio de Análisis y Control de Calidad de Productos Agroindustriales.

### 3.2. Población y muestra.

#### 3.2.1. Población.

Está dada por el fruto de la tuna recién cosechadas en estado maduro provenientes del caserío de Huayrabamba (17.733340, 9.284854) distrito de Cochabamba, provincia de Chota y los frutos de aguaymanto sin daños físicos recién cosechados en estado maduro provenientes de la comunidad del Campamento (6.516385, 78.665486) distrito de Chota.

#### 3.2.2. Muestra.

Se utilizaron 10 kg de frutos de tuna y 3 kg de frutos de aguaymanto para producir 18 litros de néctar mixto de tuna con aguaymanto.

### 3.3. Equipos, materiales e insumos.

#### 3.3.1. Equipos.

- ❖ Espectrofotómetro GENESYS 10 UV.
- ❖ Balanza analítica de sensibilidad 0,0001g, marca SARTORIUS.
- ❖ Estufa, marca TECNAL, con temperatura regulable de +7 hasta 150 °C.
- ❖ Licuadora semi industrial, marca SKYMSSEN, con capacidad de 4 litros.
- ❖ Balanza Electronic Kitchen Scale, con capacidad de 1 g hasta 5 kg.
- ❖ Refractómetro, modelo PCE-032 (ATC), resolución 0,2%, rango 0-32% °Brix, precisión  $\pm 0,2$  %.
- ❖ pH metro, marca HANNA.
- ❖ Termómetro de bolsillo modelo KL-98501.
- ❖ Mini agitador magnético HL 190M-1
- ❖ Centrifuga, marca GREETMED, modelo GT119-200.
- ❖ Cocina industrial de 3 hornillas, marca SURGE

- ❖ Vortex, marca VELP SCIENTIFICA, F202A0176

### 3.3.2. **Materiales.**

- ❖ Mesa de trabajo.
- ❖ Ollas de acero de 20 litros
- ❖ Depósitos de plástico con capacidad de 18 L.
- ❖ Tazón de acero inoxidable de 5 litros.
- ❖ Tablas de picar.
- ❖ Espátulas.
- ❖ Jarras de medición de 1 litro.
- ❖ Cuchillos.
- ❖ Coladores de nylon.
- ❖ Botellas de vidrio de capacidad de 10 ml y 300 mL.
- ❖ Soporte universal
- ❖ Bureta de 50 ml
- ❖ Probetas de 100 ml
- ❖ Pipetas de 1 y 5 ml
- ❖ Fiolas de 50, 100 y 250 ml
- ❖ Vasos de precipitación de 25, 50 y 100 ml
- ❖ Matraz de Erlenmeyer de 250 ml
- ❖ Tubos de ensayo
- ❖ Gradillas
- ❖ Micro pipetas de 0,1, 1, 5 ml
- ❖ Papel filtro Whatman N° 41
- ❖ Papel aluminio
- ❖ Papel toalla

### 3.3.3. **Insumos.**

- ❖ Tuna
- ❖ Aguaymanto
- ❖ Azúcar
- ❖ Agua potable
- ❖ Agua destilada, marca Jalmek.

- ❖ Carboximetil celulosa (CMC), Sigma-Aldrich, marca Merck.
- ❖ Ácido cítrico, marca Emprove.
- ❖ Sorbato de potasio, Supelco, marca Merck.

#### 3.3.4. Reactivos.

- ❖ Fenoltaleína al 1 %, Supelco, marca Merck.
- ❖ Hidróxido de sodio al 0,1 N, Sigma-Aldrich, marca Merck.
- ❖ Fosfato disódico, marca J.T. Baker.
- ❖ Folin-Ciocalteu, Supelco, marca Merck.
- ❖ Carbonato de sodio al 6%, Sigma-Aldrich, marca Merck.
- ❖ Acido gálico, Sigma-Aldrich, marca Merck.

### 3.4. Metodología de la investigación.

#### 3.4.1. Descripción del proceso de néctar mixto de tuna con aguaymanto.

##### a). Proceso de obtención de pulpa de tuna.

- **Materia prima:** fue la tuna con alto grado de calidad y con una madurez apropiada.
- **Selección:** se seleccionó la tuna con madurez fisiológica adecuada y con solidos solubles óptimos para el procesamiento del néctar.
- **Pesado:** se hizo mediante una balanza gramera.
- **Lavado y desinfección:** las frutas se lavaron con hipoclorito sodio a 50 ppm para su respectiva desinfección, luego se enjuagó con agua limpia.
- **Extracción de la cáscara:** se realizó con un cuchillo para eliminar la cáscara.
- **Pulpeado:** con la ayuda de una licuadora semi industrial se extrajo la pulpa de la fruta y se tomó información fisicoquímica.
- **Refinado:** se realizó con el fin de obtener la pulpa uniforme y con mejor apariencia.

##### b). Proceso de obtención de pulpa de aguaymanto.

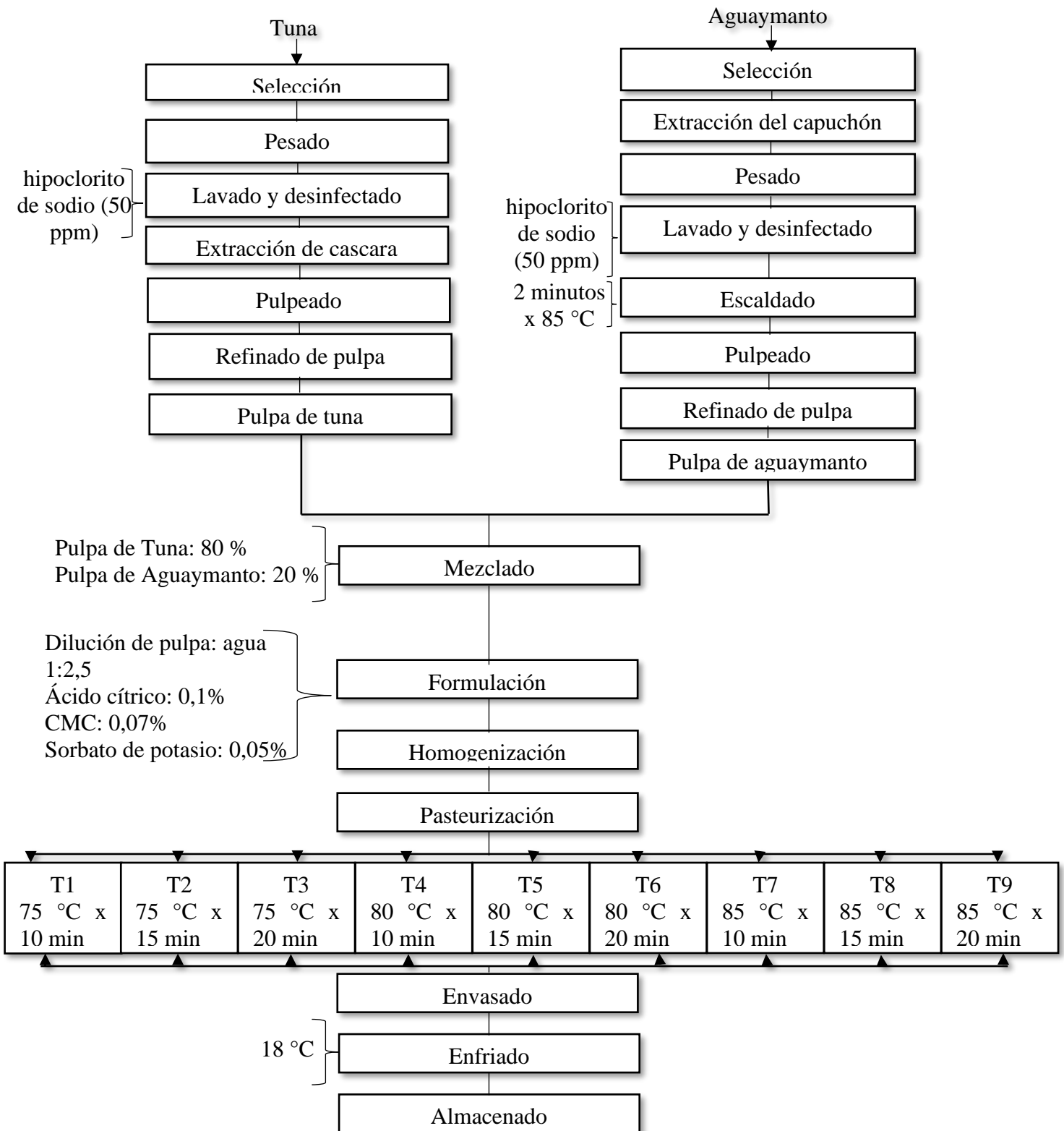
- **Materia prima:** fue el aguaymanto de gran calidad y con una madurez apropiada.
- **Selección:** el fruto de aguaymanto se selección con buen grado de madurez fisiológica.
- **Extracción del capuchón:** se eliminó el cáliz que trae sobre la fruta de forma manual.
- **Pesado:** se realizó con una balanza digital.
- **Lavado y desinfección:** se lavó con NaClO a 50 ppm y se enjuago con agua limpia.
- **Escaldado:** se hizo a una temperatura de 85 °C durante 2 minutos.

- **Pulpeado:** con una licuadora semi industrial se obtuvo la pulpa de la fruta y se tomó los datos de °Brix, pH y acidez.
  - **Refinado:** se realizó con el fin de obtener la pulpa uniforme y con mejor apariencia.
- c). **Mezclado:** se mezcló 20% de pulpa de aguaymanto con 80% de pulpa de tuna.
- d). **Formulación:** El néctar mixto fue formulado de acuerdo con las siguientes características:
- Dilución pulpa agua: 1:2,5.
  - Adición de azúcar para obtener un néctar de 13 °Brix
  - Adición de la cantidad de CMC: 0,07%
  - Adición de ácido cítrico: 0,1%
  - Adición de sorbato de potasio: 0,05%
- e). **Homogenización:** se disolvió completa todos los ingredientes durante 5 min.
- f). **Pasteurización:** se realizó mantener la inocuidad del néctar y reducir la carga microbiana. Por lo cual, la pulpa obtenida de la mezcla fue trasladada a ollas de acero inoxidable, donde se calentó hasta las temperaturas y tiempo que a continuación se describe:
- T1: 75 °C por 10 minutos
  - T2: 75 °C por 15 minutos
  - T3: 75 °C por 20 minutos
  - T4: 80 °C por 10 minutos
  - T5: 80 °C por 15 minutos
  - T6: 80 °C por 20 minutos
  - T7: 85 °C por 10 minutos
  - T8: 85 °C por 15 minutos
  - T9: 85 °C por 20 minutos
- g). **Envasado:** se hizo de manera caliente en botellas con tapa tipo rosca de aforo de 300 mL y 10 mL.
- h). **Enfriado:** se realizó con agua corriente a 18 °C para reducir las pérdidas organolépticas.
- i). **Almacenado:** se almacenó en un lugar con adecuada ventilación hasta realizar lo análisis.



**Figura 8**

*Diagrama de flujo para la elaboración del néctar mixto de tuna con aguaymanto*



### 3.4.2. Determinación de propiedades fisicoquímicas de materia prima y néctar mixto.

#### a) Determinación de pH.

Se utilizó el método explicado por Casaubon-Garcín *et al.* (2018). Con solución buffer a pH 7 se calibró el equipo, luego se limpió con agua destilada. Se agregó 25 mL de muestra en un vaso precipitado, se trasladó al pH-metro el vaso con la muestra, seguidamente se colocó electrodo en la muestra, se esperó hasta que el resultado se estabilice en la pantalla y se procedió anotar por triplicado.

#### b) Determinación de acidez.

Se utilizó el método AOAC (942.15) (2005). La muestra se diluyó con agua destilada (1:10), y se añadió 3 gotas de fenolftaleína, así mismo se añadió solución estandarizada de NaOH al 0,1 N para obtener un color levemente rosado; este proceso se efectuó por triplicado que se calculó con la ecuación 13:

$$\text{Acidez total} = ((N * \text{Meq} * V))/P \times 100 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Meq = peso equivalente del ácido predominante (ácido cítrico 0,064 g)

N = normalidad del NaOH

V = cantidad de mL de NaOH utilizado

P = peso de la muestra en gramos

#### c) Determinación de sólidos solubles (°Brix).

La medida se realizó mediante el método de la AOAC (931.12) (2005). En el prisma del refractómetro portátil se colocó 1 mL de muestra y se observó la cantidad de °Brix presentes en la muestra; la medición se realizó por triplicado.

#### d) Cuantificación de betacianinas y betaxantinas.

Se utilizó el método explicado por Sánchez-Chávez *et al.* (2015), en el cual a 5 mL de muestra se añadió 20 mL de solución tampón de McIlvaine a un pH de 5,2, se homogenizó por 2 minutos. Luego se completó con la misma solución tampón hasta un volumen de 50 mL, posteriormente se filtró con papel filtro Whatman N° 41. La absorbancia de la muestra filtrada se midió a una 536 nm de longitud de onda para betacianinas y a 476 nm para betaxantinas, para lo cual se utilizó con la ecuación 14:

$$CB(\text{mg}/100\text{mL}) = A * \frac{M}{E * b} * 1000$$

Donde:

CB = contenido de betacianinas o betaxantinas (mg/100mL)

b = longitud de celda en cm

E = Absortividad molar

A = Absorbancia

M = peso molecular (308 g/mol betaxantinas y 550,48 g/mol betacianinas)

El contenido total de estos compuestos fue calculado mediante los datos de las absorbancias molar ( $E^{1\%}_{1\text{cm}}$ ) de 1120 para betacianinas y 750  $\text{L} * \text{mol}^{-1} * \text{cm}^{-1}$ , para betaxantinas.

El contenido de ambos compuestos se midió por triplicado a intervalos de 3, 2 y 1 horas, para temperaturas de almacenamiento de 45, 55 y 65 °C respectivamente.

#### e) **Cuantificación de fenoles totales.**

Se utilizó la metodología propuesta por Singleton *et al.* (1965) y Jurado *et al.* (2016) con algunas modificaciones. A partir de la solución 2000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  de  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$  se realizó la curva de calibración de 0 a 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (Anexo 3). 100  $\mu\text{L}$  de néctar mixto diluidos fueron colocados en tubos de 20 mL y se adicionó 250  $\mu\text{L}$  de Folin-Ciocalteu, se almacenó durante 6 minutos, posteriormente se agregó 750  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 6% y posteriormente se añadió 3,9 mL de agua destilada hasta completar un volumen final de 5 mL. Se agitó en un vortex por 10 s y se dejó reposar durante 30 min en oscuridad. Con la ayuda de un espectrofotómetro se midió las absorbancias a 765 nm. Las muestras fueron analizadas por triplicado y el contenido de fenoles totales fue expresado en mg de GAE/100mL de muestra.

#### 3.4.3. **Procedimiento de la evaluación sensorial.**

Se realizó mediante una ficha estructurada de Ramírez-Navaras *et al.* (2014) de 9 puntos (Anexo 4). El procedimiento se realizó con la ayuda de vasos de plástico y con 80 panelistas no entrenados; los nueve tratamientos fue presentado a cada panelista con el fin de conocer su apreciación sobre las características sensoriales de color, sabor, olor y consistencia del néctar. Las categorías presentes en la ficha de evaluación se convirtieron en puntajes numéricos con el fin de analizar los datos.

#### **3.4.4. Procedimiento para determinar la vida útil mediante pruebas aceleradas.**

##### **a) Acondicionamiento de muestras.**

Se realizó almacenando 66 botellas de néctar mixto más aceptado por los panelistas, en las 3 estufas a diferentes temperaturas (45, 55 y 65 °C); en cada estufa se distribuyeron 22 botellas de néctar mixto equitativamente.

Durante el tiempo de almacenamiento en las estufas, se determinó el contenido de betacianinas (mg/100mL), betaxantinas (mg/100mL) y fenoles totales (mg de GAE/100mL) presentes en el néctar mixto con mayor aceptabilidad. Los análisis se realizaron de acuerdo a lo detallado en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Frecuencia de muestreo según el análisis fisicoquímico y temperaturas de almacenamiento*

<b>Análisis fisicoquímicos</b>	<b>Temperatura de almacenamiento (°C)</b>	<b>Horas de muestreo</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (horas)</b>
Betacianinas	45	0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	30
	55	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
	65	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10
Betaxantinas	45	0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	30
	55	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
	65	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10
Fenoles totales	45	0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	30
	55	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
	65	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10

**b) Determinación del modelo cinético de orden de reacción (n).**

Se realizó mediante el deterioro de las muestras de néctar mixto a través del modelo cinético de orden de reacción, que consistió en seleccionar la reacción de orden cero, uno y dos, utilizando las ecuaciones (6, 8 y 10).

Así mismo, para poder seleccionar el modelo que más se ajuste, se realizó mediante el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE).

**c) Determinación del Modelo de Arrhenius.**

El modelo de Arrhenius se determinó mediante las ecuaciones 11 y 12.

**d) Estimación de la vida útil.**

Se trazaron gráficos de dispersión de la degradación de betacianinas, betaxantina y fenol total frente al tiempo de almacenamiento. Mediante una curva numérica se determinó el orden de descomposición de las betacianinas, betaxantinas y todos los fenoles del néctar; cuando se conoció el método de reacción, la tasa de residencia se determinó a temperaturas de 45, 55 y 65 °C.

Posteriormente, se hizo uso del modelo de Arrhenius para representar la relación entre la temperatura de almacenamiento y las constantes de velocidad. Asimismo, se estableció como límite de aceptación del 50% del contenido de estos compuestos de estudio en la investigación, representado como  $t_{1/2}$  (Basilio-Atencio y Paduro-Contreras, 2021).

$$t_{1/2} = \ln 2/k \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

t: tiempo de vida útil

k: constante de velocidad de reacción

Así mismo, con la ayuda de la ecuación 8 y ecuación 15 se calcularon las constantes de velocidad y el tiempo de duración del néctar para las temperaturas de 5, 15 y 25 °C.

**3.4.5. Diseño experimental.**

Se aplicó el diseño factorial 3k con el factor temperatura (75, 80, 85 °C) y el factor tiempo (10, 15, 20 min), teniendo como resultado 9 tratamientos. Los tratamientos fueron los siguientes: T1 (75 °C x 10 min), T2 (75 °C x 15 min), T3 (75 °C x 20 min), T4 (80 °C x 10 min), T5 (80 °C x 15 min), T6 (80 °C x 20 min), T7 (85 °C x 10 min), T8 (85 °C x 15 min) y T9 (85 °C x 20 min).

Para determinar el tiempo de duración del producto mediante la evaluación de supervivencia con pruebas rápidas del néctar mixto mejor aceptado por parte de los panelistas, se almacenó un lote de muestras en condiciones seleccionadas para ir haciendo un muestreo en los tiempos establecidos. En la investigación se utilizó la degradación de propiedades fisicoquímicas (betacianinas, betaxantinas y fenoles totales) en función a los factores de temperatura y tiempo de almacenamiento.

**Tabla 6***Diseño experimental para la aceptabilidad*

Tratamiento	Variables independientes		Datos de control				Respuesta
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Olor	Color	Sabor	Consistencia	Aceptabilidad
T1	75	10					
T2	75	15					
T3	75	20					
T4	80	10					
T5	80	15					
T6	80	20					
T7	85	10					
T8	85	15					
T9	85	20					

#### 3.4.6. Análisis estadístico.

Los datos conseguidos del estudio fisicoquímico fueron desarrollados mediante la prueba de t Student y de la evaluación sensorial del néctar mixto a través de la prueba no paramétrica de Friedman ( $p < 0,05$ ), para los cuatro atributos sensoriales. Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software Minitab 19.0.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima.

En la Tabla 7 se observa los componentes principales de los dos frutos utilizados para elaborar néctar de tuna combinado con aguaymanto.

**Tabla 7**

*Características fisicoquímicas de materia prima*

<b>Materia prima</b>	<b>pH</b>	<b>°Brix</b>	<b>Acidez (Ac. Cítrico)</b>
Tuna	5,2±0,10a	13,1±0,06b	0,085±0,01b
Aguaymanto	3,6±0,01b	14,1±0,10a	1,490±0,04a

Los resultados obtenidos para el pH y acidez titulable para la pulpa de tuna fueron 5,2 y 0,09. En comparación con la pulpa de aguaymanto presentó mayor acidez (1,5) y menor pH (3,6). En un estudio similar, los autores, obtuvieron, para tuna valores de 0,012 para acidez y un pH de 5,99 (Terán *et al.*, 2015). En otro estudio, el análisis de aguaymanto mostró valores de 2,1 de acidez y un pH de 3,4 (Puente *et al.*, 2011). De igual forma, Guevara y Málaga (2013), obtuvieron para frutos de aguaymanto un de pH de 3,58; y 1,59 (g ácido cítrico/100 g) de acidez. Por su parte, Giraldo *et al.* (2017), obtuvieron pH de 3, 01 y 1,96 (g ácido cítrico/100mL jugo). Por lo tanto, las diferentes variaciones en los resultados son debido a la variedad y procedencia de los frutos.

Por su parte, el aguaymanto se identificó con un mayor °Brix (14,1) en comparación con los frutos de tuna (13,1). Estudios realizados anteriormente demostraron un 8,3 °Brix para tuna y 14,3 para aguaymanto (Terán *et al.*, 2015); (Puente *et al.*, 2011). Además, en otros estudios similares el análisis de aguaymanto presentó 13,7 y 12,03 °Brix (Guevara y Málaga, 2013; Giraldo *et al.*, 2017). Por lo tanto, las diferentes variaciones en los resultados son debido a la variedad y procedencia de los frutos.

### 4.2. Resultados de aceptabilidad del néctar mixto.

En el Anexo 1 se detalla los valores promedios del análisis sensorial para los atributos del néctar; los nueve tratamientos fueron evaluados por 80 panelistas no entrenados, a través de la matriz sensorial (Anexo 4). El T8 (85 °C x 15 min) fue el más aceptado por los panelistas. Davila y Estela (2020) realizaron el análisis organoléptico con 30 panelistas semi entrenados



a tres combinaciones (A1, A2, A3) del néctar de camu camu y pomarrosa, utilizaron la escala de 7 puntos, los resultados proyectaron que la combinación con mayor aceptabilidad fue la combinación A3. Por otra parte, Surichaqui (2014) realizó la evaluación sensorial de tres tratamientos (T1, T2, T3) de néctar mix de aguaymanto y maracuyá con 30 panelistas semi entrenados, el tratamiento aceptado fue el tratamiento 1. Así mismo, Gonzales (2014) utilizó 30 panelistas semi entrenados para evaluar la aceptabilidad de sus tres tratamientos (T1, T2, T3) de néctar de lúcuma con sauco, resultando el T3 con mayor aceptabilidad. López *et al.* (2012) utilizó 30 jueces no entrenados para evaluar la aceptabilidad de 12 ensayos de bebidas; obteniendo que el ensayo 9 presentó mayor respuesta con la aceptabilidad. No obstante, estas investigaciones hacen referencia a la cantidad de panelistas que evaluaron la aceptabilidad de productos mixtos como también a la ficha de evaluación estructurada que utilizaron para evaluar los atributos de color, sabor y olor; en la investigación se utilizó mayor cantidad de panelistas para obtener mayor respuesta con los atributos sensoriales.

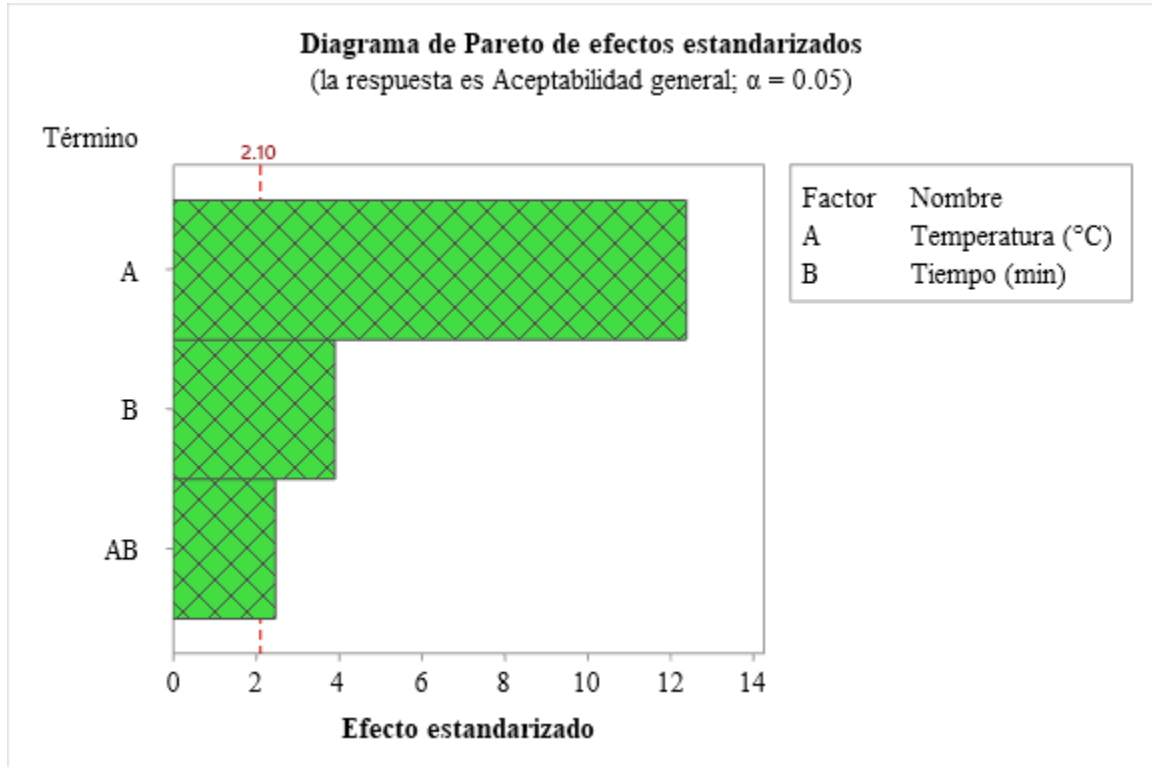
#### **4.2.1. Efecto de temperatura y tiempo de pasteurización en la aceptabilidad general del néctar mixto.**

Los resultados de aceptabilidad general se obtuvieron del promedio de los 4 atributos sensoriales (Anexo 1). Se observa que factores de pasteurización sobre la aceptabilidad del néctar de tuna con aguaymanto es variable. Además, el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el T8, esto refiere, que al utilizar 85 °C de temperatura y 15 minutos de tiempo de pasteurización el néctar va a presentar puntajes altos, significativamente de los demás tratamientos, especialmente del T1 con un valor de 4,51 (75 °C x10 min), equivalente al nivel me disgusta levemente de acuerdo a la escala hedónica. No obstante, se puede establecer que estas condiciones de pasteurización afectan a las características sensoriales del néctar. Por otra parte, se observa que los tratamientos centrales (T2, T3 y T4) mostraron poca variación, esto refleja a que se hizo una buena repetición del proceso.

El análisis de Pareto se ilustra en la Figura 9 sobre la significancia de las variables, que indica la interacción entre los coeficientes de los factores térmicos de la pasteurización; la interacción de ambas variables tiene efecto significativo ( $p < 0,05$ ), sobre la aceptabilidad general del néctar mixto de tuna con aguaymanto. El análisis de varianza se muestra en el (Anexo 2).

**Figura 9**

*Efectos estandarizados en la variable aceptabilidad general del néctar mixto de tuna con aguaymanto*



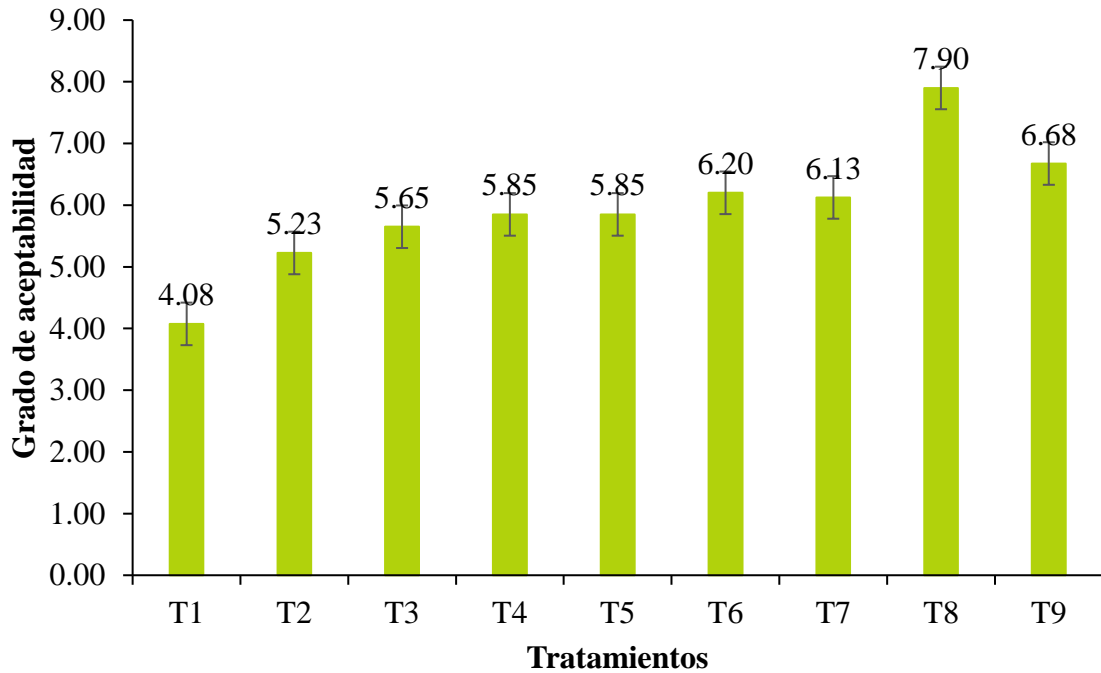
#### 4.2.2. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo olor.

En la Figura 10 se muestra los resultados sensoriales de aceptación del néctar mixto para el atributo olor. Los promedios variaron entre 4,08 y 7,90; siendo la bebida elaborada a 85 °C durante 15 min (T8) con mayor aceptación por los panelistas, mientras que la bebida elaborada a 75 °C durante 10 min (T1) tuvo una aceptación más baja. Observando las características este tratamiento fue pasteurizado a una temperatura y tiempo superior a 80 °C y 15 min. Esta característica pudo haber influido en la aceptación de olor de la muestra, ya que durante la pasteurización se producen cambios en las propiedades sensoriales del néctar, lo que afecta directamente al olor de la bebida para que sean más agradables para los panelistas. De igual forma, los cambios organolépticos del néctar probablemente estén relacionados con los cambios en las propiedades fisicoquímicas (De La Cruz *et al.*, 2010), ya que durante el proceso de pasterización se pueden producir sustancias volátiles, las cuales pueden ser agradables al sentido del olfato de los consumidores (Ávila-De Hernández y

Bullón-Torrealba, 2013). Por otro lado, la intensidad de la pasteurización puede afectar la producción de estas sustancias (Von *et al.*, 2013).

**Figura 10**

*Valores del atributo olor del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización*



En la Tabla 8, se muestra los resultados estadísticos de los 9 tratamientos del néctar mixto para el atributo olor utilizando la prueba no paramétrica de Friedman al 5%; que indica significancia entre los factores de pasteurización de los tratamientos para el atributo olor en el néctar mixto.

**Tabla 8***Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo olor del néctar mixto*

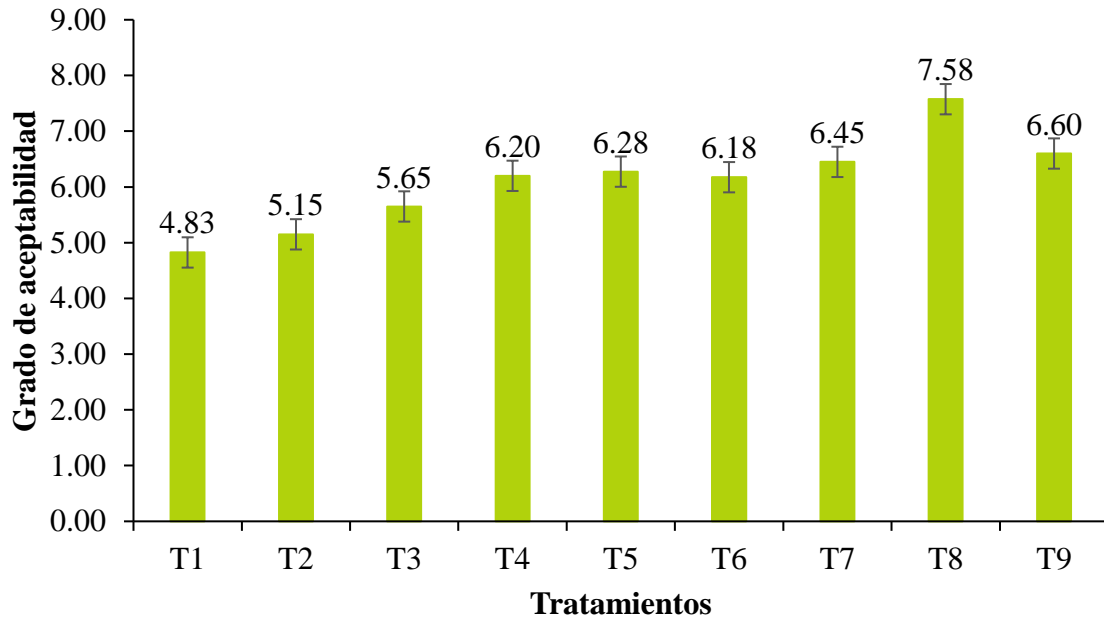
Tratamientos	N	Mediana	Suma de clasificaciones
T1	80	4,16667	124,0
T2	80	5,27778	274,0
T3	80	5,88889	344,0
T4	80	6,00000	374,0
T5	80	5,83333	385,0
T6	80	6,00000	452,0
T7	80	6,00000	437,0
T8	80	8,00000	677,0
T9	80	6,83333	533,0
Chi-cuadrado			370,63
Valor-P			0,000

#### 4.2.3. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo color.

Los resultados de la evaluación sensorial para el atributo color de los nueve tratamientos se detalla en la Figura 11. Los promedios variaron entre 4,83 y 7,58; siendo el néctar elaborado a 75 °C durante 10 min (T8) con menor aceptabilidad, seguido por el néctar elaborado a 85°C durante 20 min con 6,60 (T9); mientras que la formulación elaborada a 85 °C durante 15 min (T1) fueron consideradas las más atractivas para el consumidor, aumentado así su aceptación. Las variaciones en las puntuaciones indican que el néctar expuesto a una pasteurización prolongada a altas temperaturas produjo un mayor cambio de color percibido por los panelistas, los efectos de la caramelización y reacción de Maillard pueden dar lugar a una ligera diferencia en el color entre el néctar pasteurizado y el pre pasteurizado (Vegara *et al.*, 2013; Chew *et al.*, 2018). Del mismo modo, Mao *et al.* (2007) indican que el ligero cambio de color se debe a la presencia de antioxidantes en el jugo de aguaymanto y tuna, que pueden retardar los procesos de oxidación no enzimática.

**Figura 11**

*Valores del atributo color del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización*



El análisis estadístico de los 9 tratamientos del néctar mixto fue significativo con la prueba no paramétrica de Friedman (Tabla 9). Por lo tanto, existe un efecto sobre el color del néctar mixto.

**Tabla 9***Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo color del néctar mixto*

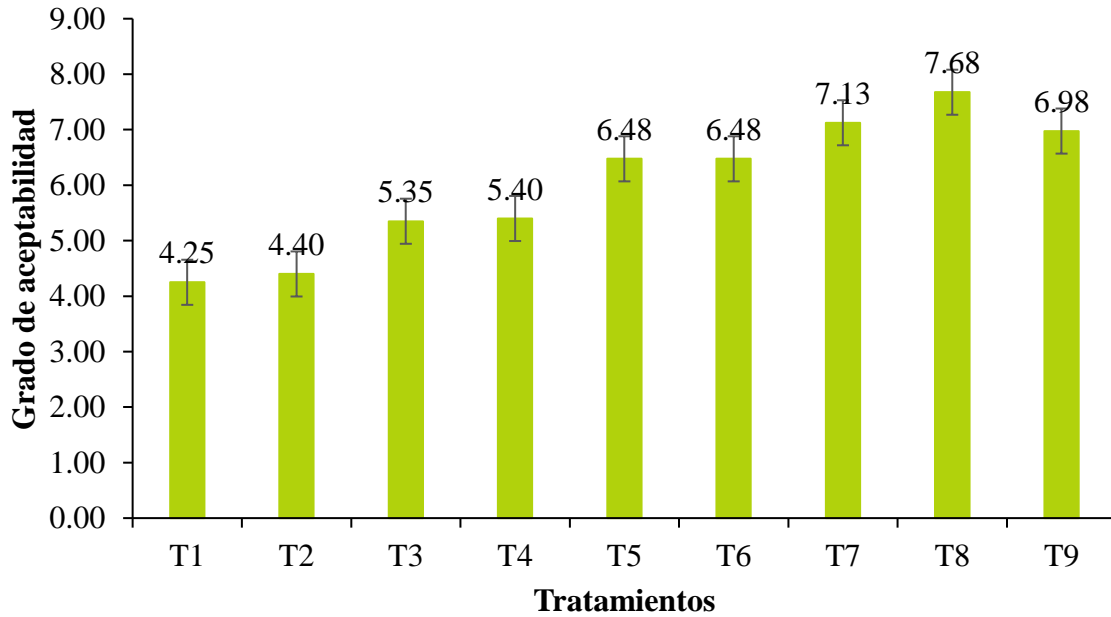
Tratamientos	N	Mediana	Suma de clasificaciones
T1	80	4,55556	168,0
T2	80	5,00000	224,0
T3	80	5,22222	299,0
T4	80	6,16667	431,0
T5	80	6,11111	441,0
T6	80	6,05556	418,0
T7	80	6,22222	475,0
T8	80	7,33333	642,0
T9	80	6,33333	502,0
Chi-cuadrado			345,55
Valor-P			0,000

#### 4.2.4. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo sabor.

Los resultados para el atributo sabor de los nueve tratamientos se detalla en la Figura 12. Según las puntuaciones de los panelistas, los valores variaron entre 4,25 y 7,68; siendo el néctar elaborado a 75 °C durante 10 min (T1) con menor aceptación, mientras el néctar elaborado a 85 °C durante 15 min (T8) tuvo mayor puntuación. Los estudios han demostrado que en el proceso de pasteurizado se pueden desarrollar sabores aceptables de fruta cocida, incluso una acidez de fruta más baja, lo que indica la preferencia del consumidor. Por esta razón, el néctar de tuna con aguaymanto elaborado con una pasteurización prolongada a altas temperaturas presentó mayor aceptación (Wang *et al.*, 2018; Alper *et al.*, 2005; Giraldo *et al.*, 2017). Por otro lado, las altas temperaturas en el proceso de pasteurizado pueden alterar la intensidad del sabor del néctar debido a la unión de moléculas en el alimento (Wang *et al.*, 2018). De igual forma, el tratamiento térmico a altas temperaturas puede producir compuestos volátiles que componen al olor y sabor del néctar (Vegara *et al.*; 2013).

**Figura 12**

*Valores del atributo sabor del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización*



En el análisis estadístico no paramétrico de Friedman (Tabla 10) se muestra la diferencia significativa entre los 9 tratamientos del néctar mixto, por lo que la temperatura y el tiempo de pasteurización es significativo en el sabor del néctar. Esto atribuye a la influencia de la acidez del zumo del aguaymanto al mezclarlo con el zumo de la tuna, todo ello hace posible la buena conservación del producto (Giraldo *et al.*, 2017).

**Tabla 10***Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo sabor del néctar mixto*

Tratamientos	N	Mediana	Suma de clasificaciones
T1	80	4,27778	159,0
T2	80	4,22222	171,0
T3	80	5,22222	296,0
T4	80	5,22222	308,0
T5	80	6,33333	464,0
T6	80	6,22222	463,0
T7	80	7,16667	564,0
T8	80	7,33333	642,0
T9	80	7,00000	533,0
Chi-cuadrado			434,17
Valor-P			0,000

#### 4.2.5. Evaluación sensorial del néctar mixto de tuna con aguaymanto del atributo consistencia.

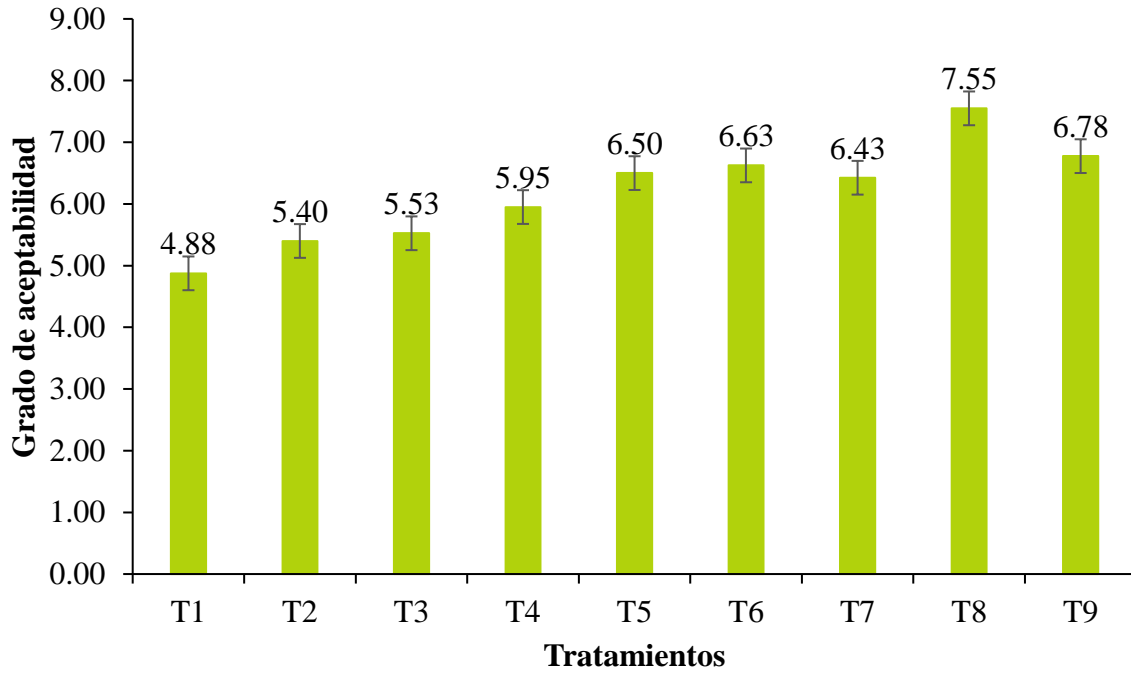
Los resultados del atributo consistencia de los nueve tratamientos se detalla en la Figura 13. De acuerdo a la evaluación de los panelistas, la puntuación varió entre 4,88 y 7,55; siendo el néctar elaborado a 75 °C durante 10 min (T1), seguido por el néctar elaborado 85 °C durante 20 min (T9) el puntaje fue de 6,78 (T9), mientras el néctar producido a 85 °C por 15 min (T8) fue el más aceptable. Considerando estos resultados, la pasteurización a baja temperatura y tiempo no interfirió en la aceptación de los atributos de consistencia por parte de los consumidores, sin embargo, los néctares elaborados a altas temperaturas y tiempo de pasteurización, interfieren en la aceptabilidad, posiblemente debido a una mejor solubilización, por la presencia de celulosa, pectinas y almidón en los frutos de tuna y aguaymanto. Asimismo, en estudios sensoriales han observado la preferencia de los consumidores por el néctar producido a temperaturas más altas (Kadam *et al.*, 2008; Chew *et al.*, 2018). Por otro lado, González *et al.* (2011) y Javdani *et al.* (2013) afirmaron el polímero estabilizador agregado (CMC) matiné los sólidos en suspensión, mejora la



consistencia del néctar y se disuelve mejor a temperaturas elevadas. Además, mejora la textura de los néctares para productos de mayor calidad (Carvalho-Silva *et al.*, 2014).

**Figura 13**

*Valores del atributo consistencia del néctar mixto a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización*



En el análisis estadístico no paramétrico de Friedman (Tabla 11) indica diferencia significativa en los 9 tratamientos del néctar mixto, por los factores de pasteurización tiene efecto significativo en la consistencia del néctar mixto.

**Tabla 11***Prueba no paramétrica de Friedman para el atributo consistencia del néctar mixto*

Tratamientos	N	Mediana	Suma de clasificaciones
T1	80	5,00000	165,0
T2	80	6,00000	259,0
T3	80	6,00000	276,0
T4	80	6,11111	356,0
T5	80	6,94444	454,0
T6	80	7,00000	494,0
T7	80	6,94444	447,0
T8	80	8,00000	637,0
T9	80	7,00000	512,0
Chi-cuadrado			337,28
Valor-P			0,000

#### 4.3. Resultados de vida útil.

El estudio de vida útil media del néctar mixto se realizó al T8 (85 °C x 15 min); tratamiento que obtuvo el mayor promedio de puntaje por parte de los panelistas.

##### 4.3.1. Evaluación en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento.

###### 4.3.1.1. Betacianinas.

Los resultados de la evaluación de betacianinas se muestran en la Tabla 12 y Figura 14. A las 0 horas para las 3 temperaturas de almacenamiento (45, 55 y 65 °C) el néctar mixto de tuna con aguaymanto presentó 63,895 mg de betacianinas/100mL de muestra, contenido diferente a lo encontrado por Stintzing *et al.* (2005), quienes alcanzaron 41,05 mg/100g y distinto a los resultados obtenidos por Sáenz *et al.* (2009), los cuales reportaron 21,54 mg/100g. Estas diferencias son atribuidas por la diferencia de zonas de cultivo de las frutas utilizadas para la producción de néctar, así también en su composición al momento de la formulación.

A las 5 horas de haber estado almacenado el producto se observa el cambio o deterioro del pigmento de betacianinas en el néctar mixto almacenado a 65 °C, así mismo existe

disminución en el contenido de betacianinas a las 10 horas de haber sido almacenado. La degradación de las betacianinas obedece al nivel de temperatura (Flores *et al.*, 2019), es el factor que determina la estabilidad durante la fabricación y almacenamiento del producto y los procesos de isomerización, disglucosilación, hidrólisis, deshidrogenación y la descarboxilación depende de este factor (Moreno *et al.*, 2002).

A las 20 horas de estar almacenado el néctar y a una temperatura de 55 °C, se observó un menor descenso de betacianinas llegando a obtener 18,186 mg de GAE/100mL de muestra. Durante los procesos de elaboración y almacenamiento de alimentos se considera factor crítico en la duración del nivel de betalaínas a la temperatura (Castro y Vélez, 2020); la termo estabilidad restringe el uso del colorante de alimentos (Vásquez-Villalobos *et al.*, 2015). El incremento de temperatura en las soluciones de betacianinas provoca la disminución de su color (Cárdenas, 2015).

A 30 horas de almacenamiento, a 45 °C, se observa que las betacianinas se mantienen estables por más tiempo, llegando a obtener un contenido de 29,654 mg de betacianinas/100mL de muestra. Las betacianinas presenta mayor estabilidad térmica a un nivel de pH de 5 a 6 en presencia de oxígeno y entre 4 a 5 en ausencia de oxígeno (Sánchez-Chávez *et al.*, 2015), concordando con la degradación de betalaínas de nuestra investigación se trabajó con un pH de 3,84 para el tratamiento que obtuvo el mejor desempeño (T8: 85 °C x 15 minutos); cabe destacar que durante el proceso de pasteurizado existe una pérdida de betacianinas producto de la ruptura de los azúcares (Llangari *et al.*, 2019).

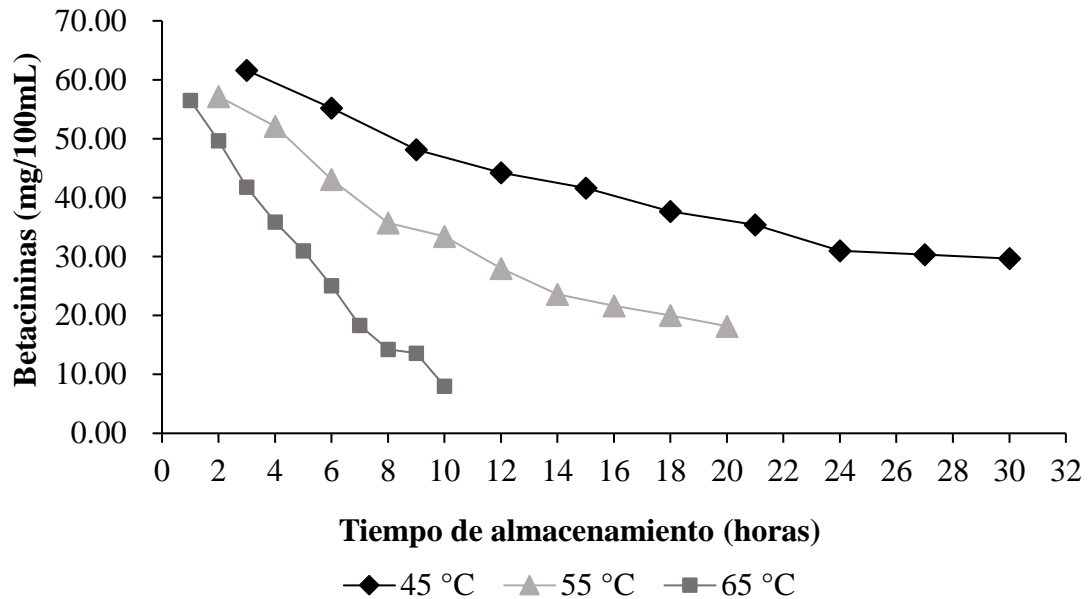
**Tabla 12**

*Contenido de betacianinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento*

<b>Temperaturas de almacenamiento</b>					
<b>45 °C</b>		<b>55 °C</b>		<b>65 °C</b>	
<b>Tiempo (h)</b>	<b>Betacianinas (mg/100mL)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Betacianinas (mg/100mL)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Betacianinas (mg/100mL)</b>
0	63,895±0,491	0	63,895±0,491	0	63,895±0,491
3	61,601±0,751	2	57,178±0,284	1	56,523±0,491
6	55,212±0,751	4	52,099±0,491	2	49,642±0,983
9	48,167±0,492	6	43,088±0,751	3	41,778±0,491
12	44,235±0,491	8	35,716±0,751	4	35,880±0,492
15	41,614±0,751	10	33,422±0,491	5	30,965±0,492
18	37,682±0,751	12	28,016±0,492	6	25,067±0,491
21	35,388±0,491	14	23,592±0,492	7	18,349±0,751
24	30,965±0,492	16	21,626±0,492	8	14,254±0,491
27	30,309±0,284	18	19,988±0,751	9	13,598±0,751
30	29,654±0,751	20	18,186±0,492	10	8,028±0,284

**Figura 14**

*Variación del contenido de betacianinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C y tiempos de 30, 20 y 10 horas*



#### 4.3.1.2. **Betaxantinas.**

Las betaxantinas en el tiempo de almacenamiento presenta resultados de acuerdo a la Tabla 13 y Figura 15.

A las 0 horas para las 3 temperaturas de almacenamiento (45, 55 y 65 °C) el néctar mixto de tuna con aguaymanto presentó 58,041 mg de betacianinas/100mL de muestra, contenido diferente a lo encontrado por Stinzinger *et al.* (2005), quienes obtuvieron 18,65 mg/100g y distinto a los conseguidos por Sáenz *et al.* (2009), quienes consiguieron 10,21 mg/100g. Estas diferencias son atribuidas por la diferencia de zonas de cultivo de las frutas de tuna y aguaymanto, así también como a la formulación del néctar.

En la Tabla 13, se muestra los datos de las betaxantinas sometidas a temperaturas de 45, 55, 65 °C con tiempos de almacenamiento de 30, 20, 10 horas, se reduce a 37,781; 29,705; 24,229 mg/100mL, lo que se determina que el nivel de betaxantinas se reduce por el incremento de los factores térmicos en el almacenamiento. Resultados similares reportaron Moreno y Betancourt (2007); (García, 2014). Por su parte Duran *et al.* (2017); aporta que la temperatura influye directamente en el nivel de betaxantinas.

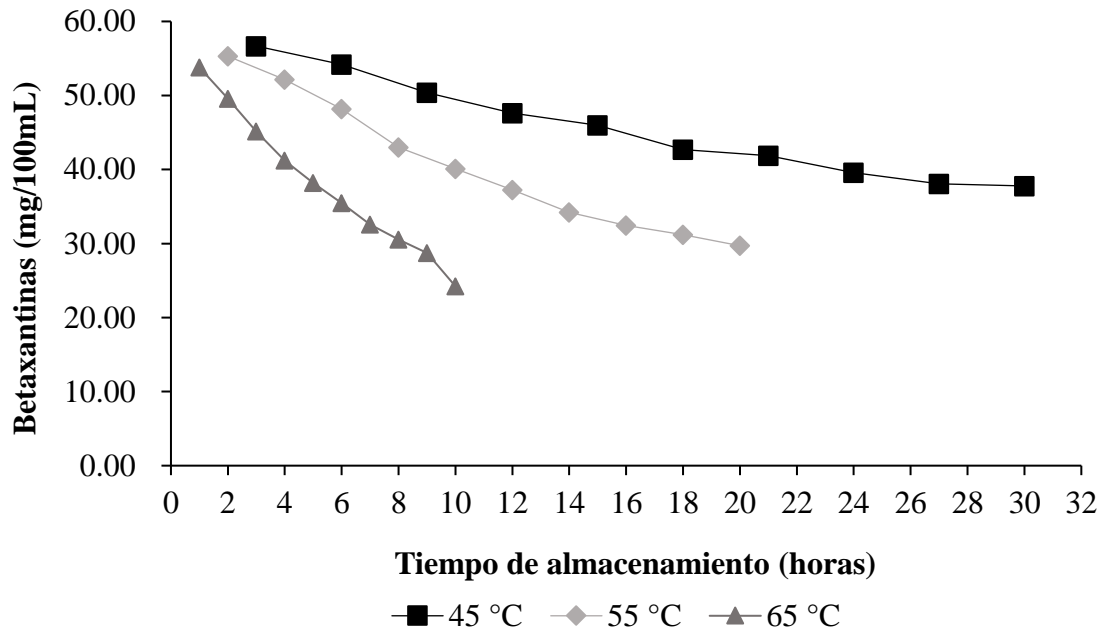
**Tabla 13**

*Contenido de betaxantinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento*

<b>Temperaturas de almacenamiento</b>					
<b>45 °C</b>		<b>55 °C</b>		<b>65 °C</b>	
<b>Tiempo (h)</b>	<b>Betaxantinas (mg/100mL)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Betaxantinas (mg/100mL)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Betaxantinas (mg/100mL)</b>
0	58,041±0,627	0	58,041±0,627	0	58,041±0,627
3	56,672±0,411	2	55,303±0,627	1	53,797±0,821
6	54,208±0,821	4	52,155±0,411	2	49,554±0,627
9	50,375±0,627	6	48,185±0,855	3	45,173±0,821
12	47,637±0,411	8	42,983±0,627	4	41,204±0,627
15	45,995±0,411	10	40,108±0,627	5	38,192±0,411
18	42,709±0,411	12	37,234±0,627	6	35,454±0,627
21	41,888±0,411	14	34,222±0,627	7	32,580±0,627
24	39,561±0,627	16	32,443±0,411	8	30,526±0,627
27	38,055±0,627	18	31,211±0,411	9	28,747±0,411
30	37,781±0,411	20	29,705±0,855	10	24,229±0,821

**Figura 15**

*Variación del contenido de betaxantinas en el néctar mixto de tuna con aguaymanto almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C y tiempos de 30, 20 y 10 horas*



#### 4.3.1.3. Fenoles totales.

Los resultados obtenidos de los fenoles totales se detallan en la Tabla 14 y Figura 16.

A las 0 horas se obtuvo 72,982 mg de GAE/100mL de muestra. Basilio-Atencio y Panduro-Contreras (2021); Ramírez *et al.* (2012) hallaron valores altos de fenoles totales con ácido gálico.

A las 10 horas de almacenamiento, a 65 °C, el néctar mixto de tuna con aguaymanto conservó menor cantidad de fenoles totales obteniéndose 27,216 mg de GAE/100 mL de muestra. Soto y Barraza (2014) manifiestan que, a altas temperaturas los alimentos reducen su vida útil por el efecto acelerado del choque efectivo de moléculas.

A las 20 horas de almacenamiento, a 55 °C, existe menor cantidad de descenso de fenoles totales llegando a obtener 38,210 mg de GAE/100mL de muestra. Muñoz *et al.* (2015) manifiesta que las altas temperatura activa las enzimas que descomponen los puentes de hidrógeno de los fenoles totales.

A las 30 horas de almacenamiento, a 45 °C, se observó baja cantidad de descenso de fenoles totales que se alcanza 41,662 mg de GAE/100mL de muestra. Cofre (2015)

manifiesta que los fenoles totales expuestos a largos tiempos de exposición y a altas temperaturas conlleva a una mayor inestabilidad de fenoles totales.

**Tabla 14**

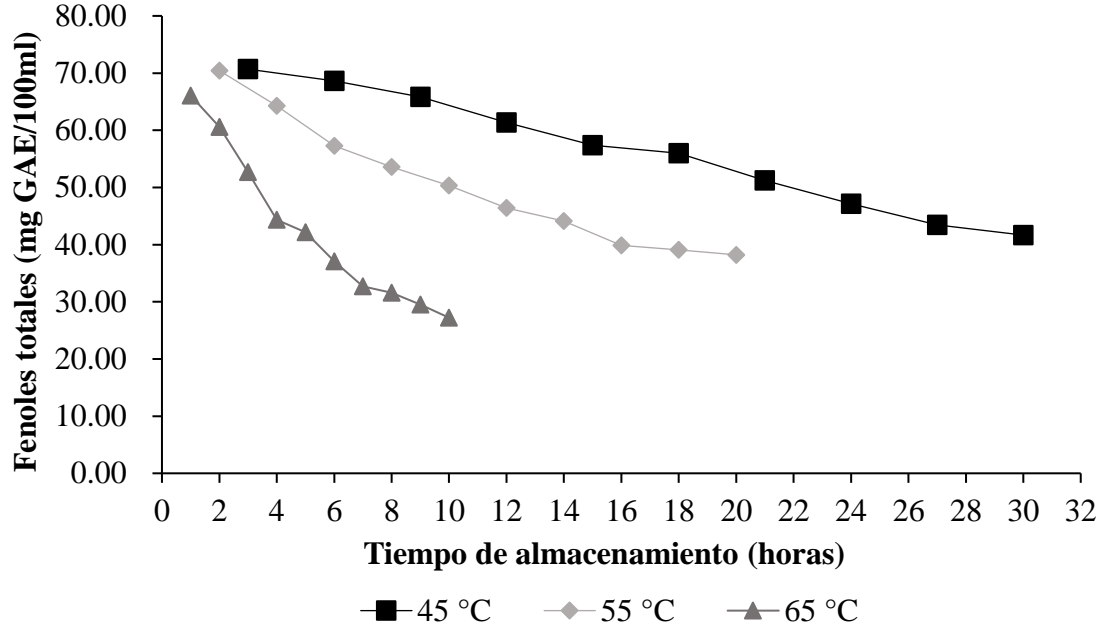
*Contenido de fenoles totales en el néctar mixto de tuna con aguaymanto durante el almacenamiento*

<b>Temperaturas de almacenamiento</b>					
<b>45 °C</b>		<b>55 °C</b>		<b>65 °C</b>	
<b>Tiempo (h)</b>	<b>Fenoles totales (mg de GAE/100mL)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Fenoles totales (mg de GAE/100mL)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Fenoles totales (mg de GAE/100mL)</b>
0	72,982±1,383	0	72,982±1,383	0	72,982±1,383
3	70,681±0,384	2	70,425±0,586	1	66,079±0,384
6	68,635±0,798	4	64,289±0,965	2	60,582±1,452
9	65,823±0,965	6	57,258±1,015	3	52,656±1,151
12	61,349±0,965	8	53,551±0,965	4	44,346±1,172
15	57,386±1,172	10	50,355±0,767	5	42,173±1,233
18	55,980±0,271	12	46,392±0,814	6	37,060±0,814
21	51,250±0,965	14	44,091±0,798	7	32,713±1,015
24	47,159±0,965	16	39,872±1,107	8	31,563±0,384
27	43,452±0,384	18	39,105±0,586	9	29,517±0,586
30	41,662±0,798	20	38,210±0,798	10	27,216±0,798



**Figura 16**

*Variación del contenido de fenoles totales en el néctar mixto de tuna con aguaymanto almacenado a temperaturas de 45, 55 y 65 °C y tiempos de 30, 20 y 10 horas*



#### 4.3.2. Evaluación de parámetros cinéticos de degradación en el almacenamiento.

El orden de reacción y las constantes de velocidad se determinó de acuerdo al tiempo de almacenamiento de los compuestos del néctar mixto. Se evaluó la velocidad de reacción de la descomposición de los compuestos del néctar mixto por un determinado tiempo. El valor del orden de reacción se cuantificó por el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE).

De acuerdo al coeficiente de degradación en función a la temperatura ( $R^2$ ) indica que la descomposición de las betacianinas presentes en el néctar mixto es explicada en un 98,28; 99,04; 97,18 por ciento en la cinética de orden uno a temperaturas de 45, 55 y 65 °C, respectivamente. Así mismo los datos del RMSE más bajos (1,425; 1,352; 3,535), indican la menor cantidad de error en la degradación de betacianinas.

Por otra parte, para las betaxantinas, su  $R^2$  presentó datos altos los cuales fueron (0,9863; 0,9893 y 0,9941) de acuerdo a la Tabla 15. Así mismo, los datos del RMSE para cada temperatura de almacenamiento fueron (0,804; 0,927; 0,570), indicando que la cinética de orden uno tiene el menor error en el deterioro de las betaxantinas.

No obstante, la degradación de fenoles totales es explicada en un 98,14; 98,28; 98,44 por ciento, de acuerdo a la cinética de orden uno para las temperaturas de 45, 55 y 65 °C, respectivamente. Además, el RMSE más bajo presentó el modelo cinético de orden uno (1,654; 1,457; 1,707).

Por otra parte, el aumento de la degradación se realiza a temperaturas más altas, esto influye en el nivel de betacianinas, betaxantinas y fenoles totales del néctar mixto. Resultados similares reportaron que la velocidad de reacción se debe a nivel de temperatura, que es el factor que tiene un efecto directo en la degradación, como los resultados reportados por Zhang *et al.* (2016); El-Ishaq y Obrirnakem (2015) y Ramos *et al.* (2002).

**Tabla 15**

Valores de regresión lineal para la degradación de betacianinas, betaxantinas y fenoles totales para cada temperatura de almacenamiento en el néctar mixto de tuna con aguaymanto

Orden de reacción	Temperatura de almacenamiento					
	45 °C		55 °C		65 °C	
	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE
Betacianinas						
Orden 0	0,957±	2,444±	0,9505±	3,381±	0,9817±	2,413±
	0,005	0,124	0,006	0,219	0,002	0,121
Orden 1	0,9828	1,425±	0,9904±	1,352±	0,9718±	3,535±
	±0,007	0,254	0,003	0,153	0,006	0,326
Orden 2	0,9871	1,864±	0,9829±	5,665±	0,8108±	734,683±
	±0,011	0,292	0,001	0,775	0,031	91,170
Betaxantinas						
Orden 0	0,9763	1,803±	0,9734±	1,751±	0,9844±	1,249±
	±0,006	0,131	0,010	0,280	0,001	0,044
Orden 1	0,9863	0,804±	0,9893±	0,927±	0,9941±	0,570±
	±0,003	0,089	0,009	0,329	0,008	0,278
Orden 2	0,9903	1,299±	0,9924±	1,358±	0,970±	1,785±
	±0,003	0,211	0,006	0,216	0,024	0,295
Fenoles totales						
Orden 0	0,9925	0,910±	0,9605±	2,365±	0,9480±	3,428±
	±0,007	0,355	0,007	0,211	0,011	0,329
Orden 1	0,9814	1,654±	0,9828±	1,457±	0,9844±	1,707±
	±0,013	0,561	0,012	0,151	0,008	0,270
Orden 2	0,9598	3,591±	0,9903±	1,327±	0,9920±	2,335±
	±0,019	0,509	0,005	0,262	0,001	0,797

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; RMSE: Raíz del error cuadrático medio

Estudios de la cinética de reacción de estos compuestos siguen una degradación de orden uno, como los estudios realizados por Burdurlu *et al.* (2006), Ordóñez-Santos y Yoshioka-

Tamayo (2012). Por su parte, autores como Moreno *et al.* (2002), Saguy (1979) y Vergara (2013) manifiestan que la degradación de betacianinas presentaron un comportamiento exponencial. Estudios realizados por Stintzing *et al.* (2003) y Badui (2006) aportan que las betaxantinas son influenciadas por la  $a_w$ , pH y temperatura, en la degradación de las betaxantinas del néctar mixto por el mismo hecho de someterlo a altas temperaturas de almacenamiento. Henríquez *et al.* (2014) y Gonçalves *et al.* (2010) en sus estudios de investigación encontraron que la degradación de fenoles sigue una cinética de orden uno. Por otra parte, los estudios elaborados por Saguy (1979), Moreno *et al.* (2002) y Vergara (2013) coinciden con la investigación, quienes concluyen que con la cinética de reacción de orden uno existe mínimo error en la descomposición de los compuestos del producto.

Asimismo, los datos obtenidos muestran que la degradación se acelera de acuerdo al incremento de temperatura de almacenamiento; la degradación se explica mediante la cinética de orden uno, similares con lo reportado por Saguy (1979) quien encontró que la cinética de degradación tiene un comportamiento exponencial y orden uno.

Por lo tanto, en la investigación se afirma que la degradación de betaxantinas, betacianinas y fenoles totales en el néctar mixto de tuna con aguaymanto sigue una cinética de primer orden.

Los datos resultantes de la velocidad de reacción de los compuestos de betaxantinas, betacianinas y fenoles totales se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Constante de velocidad de reacción de primer orden*

Temperatura (°C)	Betacianinas k (h <sup>-1</sup> )	Betaxantinas k (h <sup>-1</sup> )	Fenoles totales k (h <sup>-1</sup> )
45	0,028	0,016	0,020
55	0,066	0,036	0,035
65	0,198	0,083	0,102

En la investigación se halló que las betacianinas presentes en el néctar mixto de tuna con aguaymanto se descomponen a una constante de 0,028; 0,066 y 0,198 h<sup>-1</sup> a temperaturas de 45, 55 y 65 °C, respectivamente. Moreno *et al.* (2002) establecieron que la constante para las betacianinas fue de 0,0131 h<sup>-1</sup> a temperatura de 25 °C; este resultado es cercano a los

encontrado en la investigación. Por su parte, Saguy (1979), determinó constantes de velocidad elevadas para betaxantinas a temperatura de 61.5 °C. Por otro lado, Gonçalves *et al.* (2010) en su estudio encontraron que la constante de velocidad de fenoles totales es de 3,72 h<sup>-1</sup>, resultado muy alto a lo encontrado en el estudio. No obstante, Henríquez *et al.* (2014) determinaron constantes de velocidad para fenoles totales de 0,06; 0,12; 0,186 y 0,0354 h<sup>-1</sup>; estos resultados se asemejan a los encontrados para fenoles totales del néctar mixto de tuna con aguaymanto.

#### 4.3.3. Influencia de la temperatura en las constantes de velocidad.

La dependencia de la velocidad de degradación en función a la temperatura se determinó utilizando el modelo de Arrhenius; los valores de la inversa de la temperatura en Kelvin y el logaritmo natural para la constante de velocidad de orden uno, se determinó la E<sub>a</sub> para el néctar mixto, los datos obtenidos se observan en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Energía de activación (E<sub>a</sub>) en la degradación de los compuestos del néctar mixto de tuna con aguaymanto*

Compuestos fisicoquímicos	E <sub>a</sub> (kcal/mol-K)
Betacianinas	20,858
Betaxantinas	17,573
Fenoles totales	17,577

La sensibilidad de reacción con la temperatura es debido a la E<sub>a</sub> que nos incida sobre los cambios de la degradación de los compuestos (Sánchez-Chávez *et al.*, 2015). En el estudio se encontró que la E<sub>a</sub> para betaxantinas y fenoles totales son las más bajas, por lo que se deduce que estos compuestos son más estables a la degradación.

La energía de activación para betacianinas y betaxantinas fue de 20,858 y 17,573 kcal/mol-K respectivamente (Tabla 17), estos datos son similares a los reportado por Sánchez-Chávez *et al.* (2015), quienes hallaron datos de 23,649 y 19,895 kcal/mol para el deterioro de estos compuestos en el jugo de miel de abeja y remolacha.

Con respecto a la degradación de fenoles totales, se encontró un valor de E<sub>a</sub> de 17,577 kcal/mol-K (Tabla 17), resultado diferente a lo reportado por Torres y Vidaurre (2015),

quienes encontraron valor de 13,457 kcal/mol para degradación de fenoles totales en la bebida funcional de arándano azul.

#### 4.3.4. Estimación de tiempo de vida útil.

Es el proceso durante el alimento conserva sus características fisicoquímicas adecuadas para el consumo, que permite garantizar una vida sana al momento de consumirlo, es así que al néctar mixto de tuna con aguaymanto se realizó la vida útil mediante el análisis de la degradación cinética de sus propiedades fisicoquímicas (betaxantinas, betacianinas y fenoles totales).

El néctar mixto fue sometido a pruebas aceleradas, se observó que existe una rápida descomposición del pigmento de betalaínas. No obstante, con la ayuda de la ecuación de regresión del modelo de Arrhenius y modelo cinético de orden uno se dedujo las constantes de deterioro para las temperaturas de 25, 15 y 5 °C (Tabla 18), que permitió determinar los tiempos de vida útil (Tabla 18); los cálculos se muestran en los Anexos 5, 6 y 7.

**Tabla 18**

*Constante de velocidad de reacción (k) y tiempo de vida media (t<sub>1/2</sub>) del néctar mixto de tuna con aguaymanto, medidas según su contenido de betacianinas, betaxantinas y fenoles totales, a temperaturas de 25, 15 y 5 °C*

T (°C)	k	Betacianinas (t <sub>1/2</sub> días)	k	Betaxantinas (t <sub>1/2</sub> días)	k	Fenoles totales (t <sub>1/2</sub> días)
25	0,0029	10	0,0024	12	0,0028	10
15	0,0009	34	0,0009	33	0,0010	29
5	0,0002	125	0,0003	100	0,0003	88

k: constante de velocidad de reacción; t<sub>1/2</sub>: tiempo de vida útil media (días)

El análisis de las betacianinas y betaxantinas son muy importantes por poseer actividad antioxidante; actualmente son muy importantes para la industria alimentaria, son utilizados también como fuente nutricional, ya que debido a los procesos térmicos las betalaínas sufren una reducción de color, hasta formar un color marrón (Huang y Von Elbe, 1985). Las betalaínas tienen mayor duración a temperaturas de 4 °C lo cual facilita la duración de los

compuestos betalámicos (Herbach *et al.*, 2005). Por su parte Reshmi *et al.* (2012) manifiestan que la betanina al sufrir deshidrogenación a altas temperaturas esta forma un compuesto llamado neobetanina que produce el color amarillo. No obstante, Huang y Von Elbe, (1985) detallan que las betacianinas son estables en pH ácidos y las betaxantinas son resistentes en medios neutros.

Por su parte, durante el almacenamiento los factores de temperatura y tiempo afecta a los fenoles totales. Santander-M *et al.* (2017) manifiestan que los fenoles son afectados en la degradación de su contenido por las altas temperaturas durante el proceso. Cao *et al.* (2012) manifiesta que la oxidación y polimerización reduce el contenido de fenoles totales.

Por otro lado, la degradación de betacianinas, betaxantinas y fenoles totales (Tabla 24) alcanza mayor tiempo de vida el néctar mixto de tuna con aguaymanto a temperatura de 5 °C (125, 100 y 88 días) y menor vida útil a temperatura de 25 °C, resultados reportados por Moreno y Betancourt (2007); Ordóñez-Santos y Yoshioka-Tamayo (2012) y Butera *et al.* (2002) manifiestan que durante el almacenamiento la temperatura influye en el tiempo de vida útil.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

La tuna y aguaymanto mostraron pH, °Brix y acidez similares a los informados en otros estudios. El néctar producido con una temperatura superior a 80°C y un tiempo superior a 15 minutos presenta valores muy aceptables para las propiedades organolépticas de olor, color, consistencia y sabor. Los cambios en las propiedades organolépticas durante la pasteurización, hacen que el néctar producido bajo estas condiciones sea más apetecible o interesante para los panelistas. De manera similar, los cambios en las propiedades sensoriales del néctar pueden estar relacionados con cambios en las propiedades fisicoquímicas. Del mismo modo, el tiempo y la temperatura de pasteurización resultantes fueron importantes para las propiedades organolépticas del néctar mixto.

Al mejor tratamiento aceptado por los panelistas se determinó la vida útil media mediante pruebas aceleradas, el néctar mixto presentó un tiempo de vida media para betacianinas a temperatura de 25 °C de 10 días, a 15 °C de 34 días, a 5 °C de 125 días; para betaxantinas a 25 °C de 12 días, a 15 °C de 33 días, a 5 °C de 100 días y los fenoles totales a 25 °C de 10 días, a 15 °C de 29 días y a 5 °C 88 días.

### 5.2. Recomendaciones.

Realizar la evaluación del contenido de antocianinas, azúcares reductores durante un determinado tiempo de almacenamiento del néctar mixto.

Elaborar el néctar con diferentes porcentajes de zumos de tuna con aguaymanto y evaluar sus características nutricionales.



## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allegra, M., Furtmüller, P. G., Jantschko, W., Zederbauer, M., Tesoriere, L., Livrea, M. A., y Obinger, C. (2005). Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 332(3), 837–844. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.05.031>
- Alper, N., Bahçeci, K. S., y Acar, J. (2005). Influence of processing and pasteurization on color values and total phenolic compounds of pomegranate juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29, 357-368.
- Alvarado, J. (2013). Principios de ingeniería aplicados a alimentos. 2da. ed. Quito, Ecuador.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of Association of Official Agricultural Chemists. 18<sup>va</sup>. ed. Vol.: 1-2.
- Aristizabal, J. G., Murillo, E., Méndez, J. J., Murillo, W., y Daniel, D. A. Z. A. (2012). Composición química y cinética enzimática del polifenol oxidasa de *Averrhoa carambola* L. en diferentes estados de maduración. *Vitae*, 19(1), 406-408.
- Arrazola, G., Herazo, I., y Alvis, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información tecnológica*, 25(3), 31-42.
- Ávila-De Hernández, R., y Bullón-Torrealba, J. (2013). La concentración de jugos de fruta: aspectos básicos de los procesos sin y con membrana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(3), 65-76.
- Azeredo, H. M. C. (2008). Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(12), 2365–2376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>
- Badui, S. (2016). *Química de los alimentos*. Pearson Educación.
- Basilio-Atencio, J., y Paduro-Contreras, A. (2021). Evaluación de la estabilidad por pruebas aceleradas, de la cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) secada por aire caliente. *Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology*, 01(02), 22-41. <http://dx.doi.org/10.25127/riagrop.20212.676>
- Burdurlu, H. S., Koca, N., y Karadeniz, F. (2006). Degradación de vitamina C en concentrados de jugo de cítricos durante el almacenamiento. *Revista de ingeniería alimentaria*, 74 (2), 211-216.

- Butera, D., Tesoriere, F., Di Gaudio, A., Allegra, A. M. Pintaudi, R. K., y Livera, M. (2002). Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6895-6901.
- Cai, Y., Sun, M., y Corke, H. (2003). Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2288–2294. <https://dx.doi.org/10.1021/jf030045u>
- Camacho, D. R. B., y Matos, A. V. (2002). Degradación de betalaínas en remolacha (*Beta vulgaris* L.) estudio cinético. *Científica*, 12(2), 0.
- Cao, X., Bi, X., Huang, W., Wu, J., Hu, X., y Liao, X. (2012). Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.05.008>
- Carvalho-Silva, L. B., Dionísio, A. P., Pereira, A. C. S., Wurlitzer, N. J., Brito, E. S., Bataglioni, G. A., Brasil, I. M., Eberlin, M. N., y Liu, R. H. (2014). Antiproliferative, antimutagenic and antioxidant activities of a Brazilian tropical fruit juice. *LWT Food Sci Technol*, 59, 1319–1324. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.002>
- Cárdenas, G. B. (2015). *Influencia del pH y la temperatura en la estabilidad de los pigmentos (Betacianinas y Betaxantinas) de la betarraga (Beta Vulgaris L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Casaubon-Garcín, P., Lamshing-Salinas, P., y Isoard-Acosta, F. (2018). pH de los alimentos: ¿una herramienta para el manejo de los pacientes con reflujo gastroesofágico?. *Revista Mexicana de Pediatría*, 85(3), 89-94.
- Castellar, R., Obón, J. M., Alacid, M., y Fernández-López, J. A. (2003). Color Properties and Stability of Betacyanins from Opuntia Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(9), 2772–2776. <http://dx.doi.org/10.1021/jf021045h>
- Castro, J. J., Paredes, C., y Muñoz, D. (2009). Cultivo de Tuna (*Opuntia ficus indica*). Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo, Perú
- Castro, N. M., y Vélez, A. E. (2020). Cinética de degradación del jugo funcional de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) y cúrcuma (*Curcuma longa* L.). *FACSALUD-UNEMI*, 4(7), 23-36.

- Chagua, P., Echevarría, J., Torres, E., Malpartida, R., Llimpe, V., Chuquilin, R., y Velásquez, F. (2020). Efecto de *Salvia hispánica* L. (chía) en las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de la bebida de *Physalis peruviana* (aguaymanto). *Ciencia e Investigación*, 23(1), 19-23. <http://dx.doi.org/10.15381/ci.v23i1.17291>
- Chew, S. K., Md Noor, N. A., Maizura, M., Tan, T. C., y Rusul, G. (2018). Effect of pasteurization treatment and calamansi (*Fortunella japonica*) juice on the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics of black stem sugarcane juice. *International Food Research Journal*, 25(3), 1007-1015.
- Coavoy, I. (2015). *Evaluación de la Capacidad Antioxidante de los Compuestos Fenólicos de la Tuna morada (Opuntia ficus-indica) del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Cofre, A. (2015). Determinación de polifenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas de jugo de murtillo (*Ugni molinae turcz*) obtenido por conservación de vapor (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile.
- Condezo, O. (2011). *Polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante (DPPH y Peroxilo) en granos de cacao (Theobroma cacao L.) comercial de Tingo María y Tocache* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Corpas, E. J., y Tapasco, O. A. (2012). Evaluación de conservantes para limitar el recuento de mohos en arepas bajo dos condiciones ambientales. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 249-256.
- Cuastumal, H.; Valencia, B.; y Ordóñez, L. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 85-93.
- Culcapusa, M. E. (2015). *Caracterización Bromatológica, Microbiológica y Sensorial del Néctar de Aguaymanto (Physalis peruviana L.) edulcorado con Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Davila, S. M., y Estela, F. T. (2020). *Evaluación de parámetros para la aceptabilidad del néctar mix de pomarrosa (Syzygium malaccences) y camu camu (Myrciaria dubia)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaen, Jaen, Perú.
- De La Cruz, J., Vargas, M., Del Angel, O., & Garcia, H. S. (2010). Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado

- de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*. Degener), para tres cultivares de Veracruz México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(2), 130-142.
- Díaz, M. (2018). *Efecto de Pre-Tratamiento y Temperatura en la Cinética de Secado y Variación de Color en el Aguaymanto (Physalis peruviana L.) del Ecotipo Alargado Selección Canaán* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, Perú.
- Dionisio, A. P., Wurlitzer, N. J., Goes, T de S., Borges, M de F., Garruti, D., y Araujo, IM da S. (2016). Estabilidade de uma bebida funcional de frutas tropicais e yacon (*Smallanthus sonchifolius*) durante o armazenamento sob refrigeração. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(2), 148-155.
- Duran, E. L., Vallejos, G. E., y Símpalo, W. B. (2017). Efecto de la pasteurización en el contenido de betalainas de la pulpa de tuno indio (*Opuntia dillenii*)-Chiclayo 2016. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4(1).
- El-Ishaq, A. y Obirinakem, S. (2015). Efecto de la temperatura y el almacenamiento sobre el contenido de vitamina C en zumos de frutas. *Revista internacional de ciencia química y biomolecular*, 1 (2), 17-21.
- Encina, C. R., Bernal, A. P., y Rojas, D. (2013). Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Ingeniería Industrial*, 31(1025-9929), 197-219.
- Espinoza, R. P. (2016). *Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Aguaymanto deshidratado en la Provincia de Celendín* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- FAO. (1998). Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Manual técnico. (2<sup>da</sup> ed.).
- FAO. (2014). Procesados de frutas. Ficha técnica.
- Gala, P. (2017). *Efecto de la Concentración de Stevia (Stevia rebaudiana B.) en las Características Físicoquímicas y Sensoriales del Néctar mixto de Aguaymanto (Physalis peruviana L.) con Mashua (Tropaeolum tuberosum)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Acobamba, Huancavelica.

- García, A., Muñiz, S., Hernández, A., Mario, L., y Fernández, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por flujo de aire Caliente de la piña (*Ananas comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 62-69.
- García, E. M. (2014). *Efecto del Tiempo de Pasteurización, la Concentración de Estabilizantes y Stevia (Stevia rebaudiana b) en las Características Sensoriales de un Néctar mixto de Aguaymanto (Physalis peruviana l.) con Tuna (Opuntia ficus-indica l.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Acobamba, Huancavelica.
- Giraldo, G. I., Cruz, C. D., y Sanabria, N. R. (2017). Propiedades Físicas del Jugo de Uchuva (*Physalis peruviana*) Clarificado en Función de la Concentración y la Temperatura. *Información Tecnológica*, 28(1), 133-142. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100013>
- Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., y Silva, C. L. M. (2010). Carrot (*Daucus carota L.*) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. *Journal of Food Engineering*, 97(4), 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.005>
- González-González, G., Pirovani, M. E., Piagentini, A. M., Ulin-Montejo, F., Miranda-Cruz, E., Osorio-Osorio, R., Maldonado-Enríquez, E. J., y Salinas-Hernández, R. M. (2016). Cinética de cambios sensoriales y vida de anaquel de carambola mínimamente procesada. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(4), 393-402.
- Gonzales, J. L. (2014). *Evaluación de los Parámetros Óptimos. para la Aceptabilidad del Néctar mix de Sauco (Sambucus peruviana L.) y Lúcumo (Pouteria lucuma)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- González, S., Castro, W., Rincón, F., Beltrán, O., y Bríñez, W. (2011) Functionality of Prosopis juliflora gum in the preparation of mango (*Mangifera indica L.*) nectar of low calorie content. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 34(1), 39-47.
- Guevara, A. y Málaga, R. (2013). Determinación de los parámetros de proceso y caracterización del puré de aguaymanto. *Ingeniería Industrial*, (31), 167-195.
- Gutiérrez, H., y De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.
- Heldman, D., y Lund, D. (2007). *Handbook of Food Engineering*. 2da. ed. CRC Press. United States.

- Henríquez, C., Córdova, A., Almonacid, S., y Saavedra, J. (2014). Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products. *Journal of Food Engineering*, 143, 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.037>
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., y Carle, R. (2005). Identification of heat-induced degradation products from purified betanin, phyllocactin and hylocerenin by high-performance liquid chromatography/ electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom*, 19: 2603-2616.
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., y Carle, R. (2006). Betalain Stability and Degradation?Structural and Chromatic Aspects. *Journal of Food Science*, 71(4), R41–R50. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00022.x>
- Huang, A. S., y Von Elbe, J. H. (1985). Kinetics of the Degradation and Regeneration of Betanine. *Journal of Food Science*, 50(4), 1115–1120. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13024.x>
- INDECOPI. 2009. Norma Técnica Peruana. 203.110 2009 Jugos, Néctares y Bebidas de Fruta. Requisitos. Primera Edición Publicado: 2009/06/24
- Javdani, Z., Ghasemnezhad, M., y Zare, S. (2013). A comparison of heat treatment and ascorbic acid on controlling enzymatic browning of fresh-cuts apple fruit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(3), 186-193.
- Jurado, B., Aparcana, I. M., Villarreal, L. S., Ramos, E., Calixto, M. R., Hurtado, P. E., y Acosta, K. M. del C. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. *Rev Soc Quim Perú*, 82(3), 272-279.
- Kadam, U., Ghosh, S., De, S., Suprasanna, P., Devasagayam, T., y Bapat, V. (2008). Antioxidant activity in sugarcane juice and its protective role against radiation induced DNA damage. *Food Chemistry*, 106(3), 1154-1160.
- Kanner, J., Harel, S., y Granit, R. (2001). Betalains-A New Class of Dietary Cationized Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5178–5185. <https://dx.doi.org/10.1021/jf010456f>
- Labuza, T. P. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61(4), 348. <https://doi.org/10.1021/ed061p348>

- Labuza, T., y Riboh, D. (1982). Theory and applications of Arrhenius kinetics to prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology*, 36(10), 66-74.
- Landázuri, J. (2013). *Propuesta de Elaboración de Postres Imbabureños a base de la Tuna Amarilla en la Ciudad de Ibarra* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- León, J. G. (2010). *Determinación de la vida útil del néctar de naranja estabilizado con proteína aislada de quinua (Chenopodium quinoa willd)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Llangari, K. G. S., Flores, L. M., Carrera, R. L. C., y Moína, H. L. B. (2019). Obtención de Betacianinas de la Remolacha (*Beta vulgaris*). *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 228-238.
- López, E., Arteaga, H., Castro, P., Nolasco, I., y Siche, R. (2012). El método de superficie respuesta y la programación lineal en el desarrollo de un néctar mixto de alta aceptabilidad y mínimo costo. *Scientia Agropecuaria*, (3), 309-318.
- Mao, L. C., Xu, Y. Q., y Que, F. (2007). Maintaining the quality of sugarcane juice with blanching and ascorbic acid. *Food Chemistry*, 104(2), 740-745.
- Mendoza, M. F. (2014). *Caracterización Bromatológica, Microbiológica y Sensorial del Néctar de Tuna (Opuntia ficus Indica) edulcorado con Stevia (Stevia Rebaudiana Bertoni)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Mesa, L., Gonzáles, E., De La Cruz, R., y López, Y. (2005). Avances en la producción de ácido cítrico a partir de miel final por *Aspergillus niger*. *Revista Cubana de Química*, 17(1), 171-178.
- Moreno, D. A., García-Viguera, C., Gil, J. I., y Gil-Izquierdo, A. (2008). Betalaínas en la era de la ciencia, tecnología y salud nutricional agroalimentaria global. *Reseñas de fitoquímica*, 7 (2), 261-280.
- Moreno, M. J., Belén, D. R., y Vilorio, A. (2002). Degradación de betalaínas en remolacha (*beta vulgaris* L.) estudio cinético. *Científica*, 12(2), 0.
- Moreno, M., y Betancourt, M. (2007). Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalaínas: tuna y remolacha. *Bioagro*, 19(3), 149-159.

- Muñoz, W., Chavez, W., Pabón, C., Rendón, M., Patricia-Chaparro, M., y Otálvaro-Álvarez, Á. (2015). Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). *Rev. Cienic. Ciencias Químicas*, 46, 38-46.
- Navarro, L. (2015). *Estudio de Pre-Factibilidad para la Instalación de una Planta Industrial de Envasado de Aguaymanto (Physalis peruviana L.) Fresco, en Ayacucho* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Ocampo, O. P. (2000). *Elaboración y Conservación de Néctares a Partir de Lulo variedad "La selva"* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Ochoa, C. E., y Guerrero, J. A. (2012). Efecto del Almacenamiento a Diferentes Temperaturas sobre la Calidad de Tuna Roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *Información tecnológica*, 23(1), 117-128. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100013>
- Ochoa-Velasco, C. E., y Guerrero-Beltrán, J.A. (2010). La tuna: una perspectiva de su producción, propiedades y métodos de conservación. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 4(1), 49-63.
- Ordóñez-Santos, L. E., y Yoshioka-Tamayo, L. S. (2012). Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *Vitae*, 19(1), S81-S83.
- Paternina-Sierra, K., Acevedo-Correa, D., y Montero-Castillo, P. M. (2018). Evaluación de la Vida útil de una Pasta de ajonjolí azucarada mediante pruebas aceleradas. *Información tecnológica*, 29(4), 3-12.
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., y Bravo, J. A. (2014). PHENOLIC COMPOUNDS IN FOOD. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81.
- Pérez, J. (2014). *Evaluación de los Parámetros Óptimos, para la Aceptabilidad del Néctar mix de Sauco (Sambucus peruviana L.) y Membrillo (Cydonia oblonga L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Piagentini, A. M., Pirovani, M. E., y Güemes, D. R. (2004). Cinética de deterioro de la calidad de repollo fresco cortado. *CYTA-Journal of Food*, 4(3), 169-176. <https://doi.org/10.1080/11358120409487757>
- Pinto, D. A., Lemus, Á. J., y Puentes, G. A. (2015). Elaboración de néctar de durazno (*Prunus pérsica* L.), endulzado con sucralosa como aprovechamiento de pérdidas poscosecha. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 221-230.



- Porcar, M. (2016). *Estudios de vida útil de zumos de frutas envasados* (Tesis de pregrado). Universitat Politècnica de València, València.
- Puente, L. A., Pinto-Muñoz, C. A., Castro, E. S., y Cortés, M. (2011). Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733–1740. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>
- Ramírez, M., Salgado-Aristizabal, N., y Orrego-Alzate, C. (2012). Conservación de polifenoles en jugo de fruta modelo secado por aspersion y liofilización. *Vitae*, 19(1), S87-S89.
- Ramos, Z., García, L., Pinedo, M., y Souza, R. (2002). Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria Dubia* H.B.K (Camu-Camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico). *Revista amazónica de investigación alimentaria*, 2(2), 89-99.
- Reshmi, S. K., Aravindhan, K. M., y Devi, P. S. (2012). The effect of light, temperature, ph on stability of betacyanin pigments in *Basella alba* fruit. *Asian J. Pharmac. Clin. Res.* 5(4): 5-8.
- Rojas, E. I., y Ricaldi, H. M. (2014). *Evaluación del Grado de Aceptabilidad del Néctar de Fruta con diferentes Porcentajes a partir de Granadilla (Passiflora ligularis) y Aguaymanto (Physalis peruviana L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.
- Ruiz, K. E. (2014). *Oportunidades de Negocio en el Mercado de Canadá para Incrementar las Exportaciones Peruanas de Aguaymanto Deshidratado de la Región de Cajamarca en el Periodo 2014-2018* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Sáenz, C. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios agrícolas de la FAO.
- Saézn, C., Tapia, S., Chávez, J., y Robert, P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*), *Food Chemistry*, 114(2), 616-622. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.095>
- Saguy, I. (1979). Termoestabilidad de los pigmentos de la remolacha roja (betanina y vulgaxantina-I): influencia del pH y la temperatura. *Journal of Food Science*, 44(5), 1554-1555.
- Salas, I., Boucher, F., y Requier-Desjardins, D. (2006). Agroindustria rural y liberalización comercial agrícola: El rol de los sistemas agroalimentarios localizados. *Agroalimentaria*, 11(22), 29-40.

- Sánchez, N. (2006). *Extracción y caracterización de los principales pigmentos del Opuntia joconoste c.v. (xoconostle)* (Tesis de Maestría). Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional. México.
- Sánchez, C., Cortez, J. (2014). *Determinación de la vida útil de la bebida a base de jugo de remolacha y miel de abeja elaborada por la empresa Vida Saludable del Perú E.I.R.L.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Sánchez-Chávez, W., Cortez-Arredondo, J., Solano-Cornejo, M., y Vidaurre-Ruiz, J. (2015). Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 111-118.
- Santander-M, M., Osorio, O., y Mejía-España, D. (2017). Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida durante almacenamiento refrigerado. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 84-97. <https://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.65>
- Schwartz, S. J., y von Elbe, J. H. (1983). Identification of betanin degradation products. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung*, 176(6), 448-453. <https://dx.doi.org/10.1007/bf01042560>
- Singleton, V. L., y Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *America Journal of Enology and Viticulture*, (16), 144-158.
- Skoog, D., Holler, F.J., y Nieman, T. (2003). "Principios de análisis instrumental". Quinta Edición. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Solis, Y. (2008). *Evaluación Sensorial: selección de jueces* (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, México.
- Soto, E., y Barraza, G. (2014). Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de pupa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad criolla roja. *Rev. Cientifi-k*, 2(2), 44-55.
- Stintzing, F. C., Schieber, A., y Carle, R. (2003). Evaluación de propiedades de color y parámetros de calidad química de jugos de cactus. *Investigación y tecnología alimentarias europeas*, 216 (4), 303-311.
- Stintzing, F. C., Herbach, K. M., Mosshammer, M. R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C. C., Bunch, R., y Felker, P. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of

- cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(2), 442–451. <https://doi.org/10.1021/jf048751y>
- Surichaqui, M. (2014). *Estudio químico – bromatológico del néctar mix de maracuyá (Passiflora edulis) y aguaymanto (Physalis peruviana L.) edulcorado con miel de abeja (Apis mellifera)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Taype, D. (2018). *Diagnóstico del Mercado Externo que Demanda Tuna Industrializada en Conserva de Almíbar producida en la Región de Moquegua Año 2017* (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú.
- Terán, E., y Escalera, R. (2007). Obtención de carboximetilcelulosa de linter de algodón. *Investigación & Desarrollo*, 7: 107-120.
- Terán, Y., Navas, D., Petit, D., Garrido, E., y D'Aubeterre, R. (2015). Análisis de las características físico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 69-74.
- Tesoriere, L., Fazzari, M., Allegra, M., y Livrea, M. A. (2005). Biothiols, Taurine, and Lipid-Soluble Antioxidants in the Edible Pulp of Sicilian Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Fruits and Changes of Bioactive Juice Components upon Industrial Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7851–7855. <https://dx.doi.org/10.1021/jf050636f>
- Torres, Y. S., y Vidaurre, J. M. (2015). Cinética de la degradación de compuestos fenoles y antocianinas en una bebida funcional a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.). *Revista de Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1), 7-13.
- Ureña, M., D'Arrigo, M. y Girón, O. (1999). Evaluación Sensorial de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Editorial Agraria. Lima. Perú.
- Valencia, C. E., y Guevara, A. (2013). Elaboración de néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Scientia Agropecuaria*, 4(2), 101-109.
- Valle, D. (2014). *Evaluación de la estabilidad por pruebas aceleradas, de pulpa de aguaje (Mauritia flexuosa L.f) liofilizada variedad amarillo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Perú.
- Vásquez-Villalobos, V., Vásquez Angulo, J., y Méndez Reyna, E. (2015). Nuevo método para determinar vida útil sensorial utilizando lógica difusa: caso corazones de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) marinadas en conserva. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 99-109.

- Vegara, S., Martí, N., Mena, P., Saura, D., y Valero, M. (2013). Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. *Food Science and Technology*, 54, 592-596.
- Vergara, C. (2013). *Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (Opuntia ficus-indica) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario* (Tesis Doctoral). Universidad de Chile, Santiago.
- Vicente, M. (2019). *Determinación de capacidad antioxidante y fenoles totales en frutos de Vitis Vinifera L. "vid", del valle de Cañete* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Villabona, Á., Paz, I. C., y Martínez, J. (2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 15(1), 137-144.
- Vizcarra, B. F. (2017). *Evaluación de Maduración y Características Sensoriales en Post Cosecha de Tuna Variedad Amarilla (Opuntia ficus indica) en condiciones de Almacenamiento en el Centro Poblado de San Cristóbal región Moquegua* (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú.
- Von, J., Chaves, C., y Arias, M. L. (2013). Análisis de la calidad microbiológica y potencial presencia de *Listeria monocytogenes* en pulpa de guanábana (*Annona muricata*), mango (*Mangifera indica*) y maracacuyá (*Passiflora edulis*) costarricenses. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(1), 53-57.
- Wang, Y., Li, W., Ma, Y., Zhao, X., & Zhang, C. (2018). Effect of thermal Treatments on Quality and Aroma of Watermelon Juice. *Journal of Food Quality*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2018/9242675>
- Yurivilca, E. J. (2014). *Evaluación de la cinética de degradación de betalaínas del néctar de tuna (Opuntia ficus indica) ecotipo morado por tratamiento térmico* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma, Perú.
- Zhang, J., Han, H., Xia, J. y Gao, M. (2016). Cinética de degradación de la vitamina C en naranja y zumo de naranja durante el almacenamiento. *Revista avanzada de ciencia y tecnología de los alimentos*, 12 (10), 555-561.

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

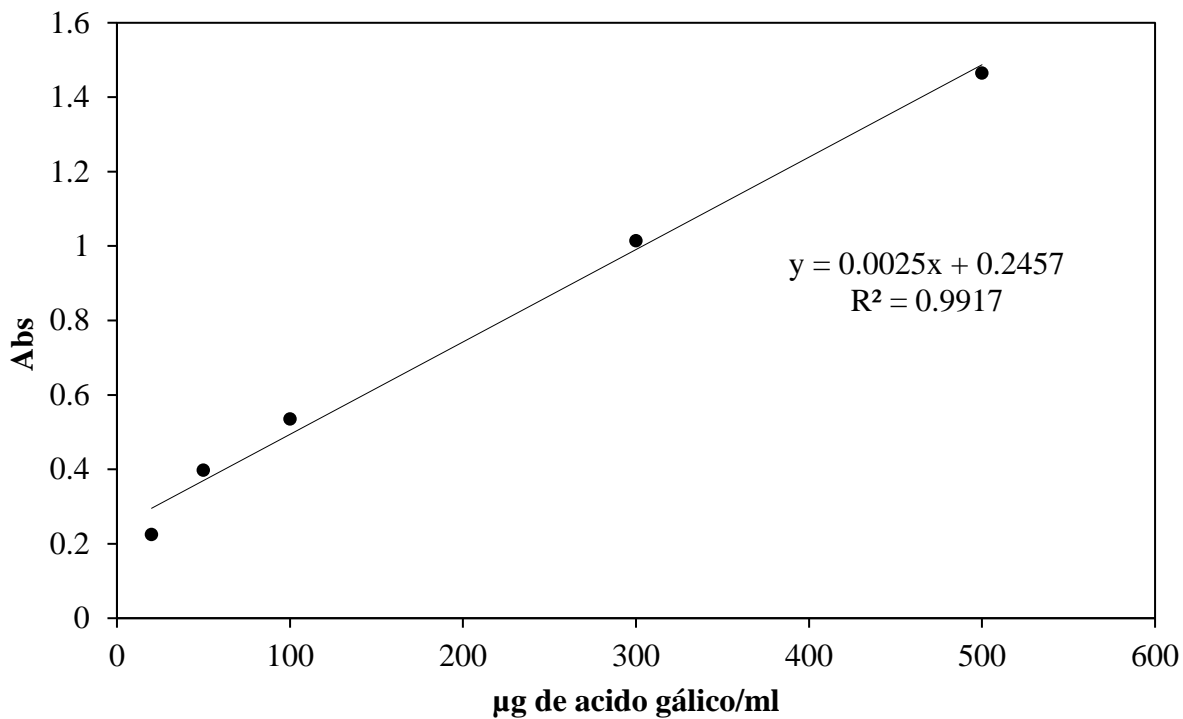
**Anexo 1.** Aceptabilidad general del néctar mixto de tuna con aguaymanto.

Tratamiento	Variables independientes		Datos de control				Respuesta
	T	Tiempo	Olor	Color	Sabor	Consistencia	Aceptabilidad
	(°C)	(min)					
T1	75	10	4,08±0,792	4,83±0,708	4,25±0,738	4,88±0,753	4,51±0,404
T2	75	15	5,23±0,729	5,15±0,695	4,40±0,773	5,40±0,668	5,04±0,442
T3	75	20	5,65±0,828	5,65±0,695	5,35±0,943	5,53±0,779	5,54±0,142
T4	80	10	5,85±0,828	6,20±0,719	5,40±0,949	5,95±0,840	5,85±0,334
T5	80	15	5,85±0,695	6,28±0,811	6,48±0,927	6,50±0,842	6,28±0,301
T6	80	20	6,20±0,786	6,18±0,808	6,48±0,746	6,63±0,769	6,37±0,218
T7	85	10	6,13±0,877	6,45±0,926	7,13±0,905	6,43±0,952	6,53±0,422
T8	85	15	7,90±0,866	7,58±0,925	7,68±0,725	7,55±0,745	7,68±0,159
T9	85	20	6,68±0,938	6,60±0,836	6,98±0,968	6,78±0,763	6,76±0,163

**Anexo 2.** Análisis de Varianza para la aceptabilidad general del néctar mixto de tuna con aguaymanto.

Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Temperatura (°C)	2	17.691	8.84544	94.03	0.000
Tiempo (min)	2	1.948	0.97398	10.35	0.001
Temperatura (°C)*Tiempo (min)	4	1.379	0.34475	3.66	0.024
Error	18	1.693	0.09407		
Total	26	22.711			

**Anexo 3.** Curva de calibración para fenoles totales.



Soluciones para determinar fenoles totales

Muestra	Volumen solución patrón (ml)	Volumen de agua (ml)	Concentración ácido gálico ( $\mu\text{g/ml}$ )	Abs (765nm)
1	0,10	9,90	20	0,225
2	0,25	9,75	50	0,398
3	0,50	9,50	100	0,535
4	1,50	8,50	300	1,014
5	2,50	7,50	500	1,465

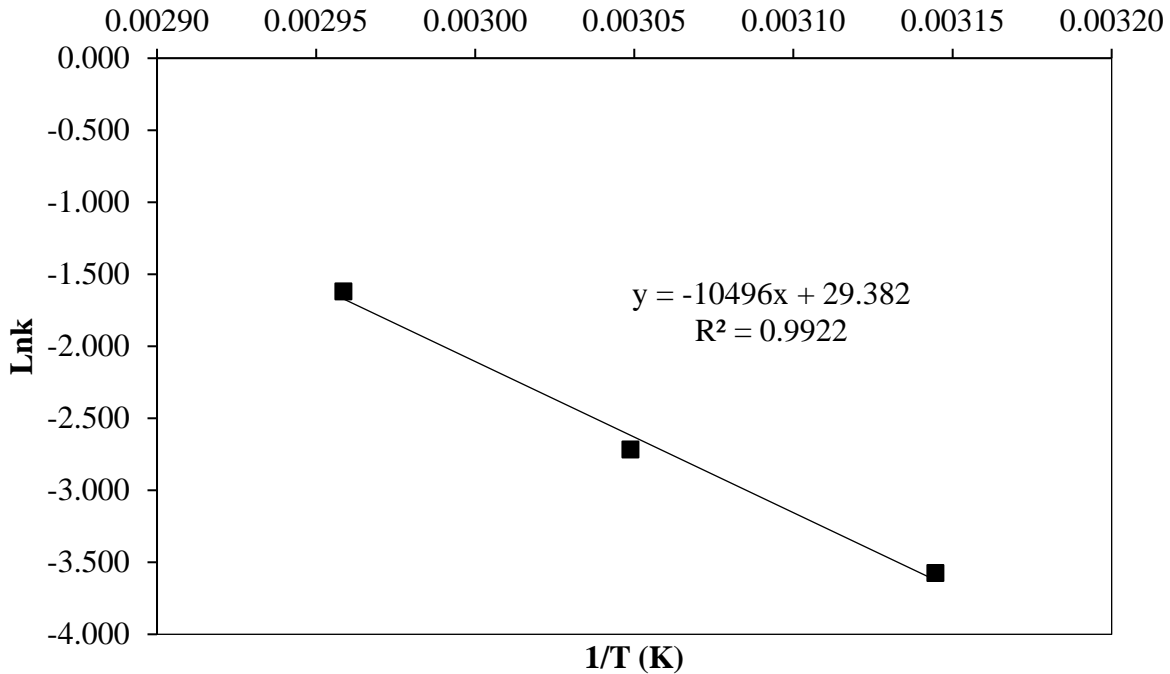
**Anexo 4.** Encuesta de evaluación sensorial para el néctar mixto de tuna con aguaymanto.

<b>PRUEBA DE ACEPTABILIDAD</b>			
<p><b>EFFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN EN LA ACEPTABILIDAD Y VIDA ÚTIL DEL NÉCTAR MIXTO DE TUNA (<i>Opuntia ficus indica</i>) CON AGUAYMANTO (<i>Physalis peruviana</i> L.).</b></p>			
<p><b>Fecha:</b> _____</p>			
<p><b>INSTRUCCIONES</b></p> <p>Frente a usted se presentan una muestra de néctar mixto de tuna con aguaymanto. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en el que le gusta o le disgusta la muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.</p> <p><b>Nota: recuerde tomar agua entre cada muestra</b></p>			
Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	me disgusta extremadamente	6	me gusta levemente
2	me disgusta mucho	7	me gusta moderadamente
3	me disgusta moderadamente	8	me gusta mucho
4	me disgusta levemente	9	me gusta extremadamente
5	no me gusta ni me disgusta		
Código	Calificación para cada atributo		
	Olor	Color	Sabor
346			
791			
924			
448			
974			
962			
603			
048			
306			
<b>¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!</b>			

**Anexo 5.** Datos para la degradación de betacianinas.

**Figura 17**

*Ecuación cinética de orden uno para betacianinas en el néctar mixto*



La Figura 17, muestra la ecuación del modelo de Arrhenius para el modelo cinético de primer orden, que permitió calcular los valores de ( $E_a$ ) y ( $k_0$ ):

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 10496 * R$$

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 10496 * 1,987207 \text{ cal/mol-K}$$

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 20857,725 \text{ cal/mol-K}$$

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 20,858 \text{ kcal/mol-K}$$

$$k_0(\text{orden } 1) = e^{29,382}$$

$$k_0(\text{orden } 1) = 5,76 \times 10^{12}$$

Así mismo, con la ayuda de la ecuación 8 y los datos de la regresión de la gráfica de primer orden se calculó el valor de ( $k$ ) para las temperaturas de 25, 15 y 5 °C para la degradación de betacianinas del néctar mixto de tuna con aguaymanto.

$$\ln(k_{25\text{ °C}}) = -10496 * \frac{1}{25+273} + 29,382$$

$$\ln(k_{25\text{ °C}}) = -5,839$$

$$k_{25\text{ °C}} = 0,0029 \text{ h}^{-1}$$

$$\ln(k_{15\text{ °C}}) = -10496 * \frac{1}{15+273} + 29,382$$



$$\ln(k_{15^\circ\text{C}}) = -7,062$$

$$k_{15^\circ\text{C}} = 0,0009 \text{ h}^{-1}$$

$$\ln(k_{5^\circ\text{C}}) = -10496 * \frac{1}{5+273} + 29,382$$

$$\ln(k_{5^\circ\text{C}}) = -8,373$$

$$k_{5^\circ\text{C}} = 0,0002 \text{ h}^{-1}$$

Posteriormente con los datos de las constantes de velocidad se calculó la vida media utilizando la ecuación 15.

Betacianinas:

Para 25 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,0029} = 238,16 \text{ horas} = 10 \text{ días}$$

Para 15 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,0009} = 809,11 \text{ horas} = 34 \text{ días}$$

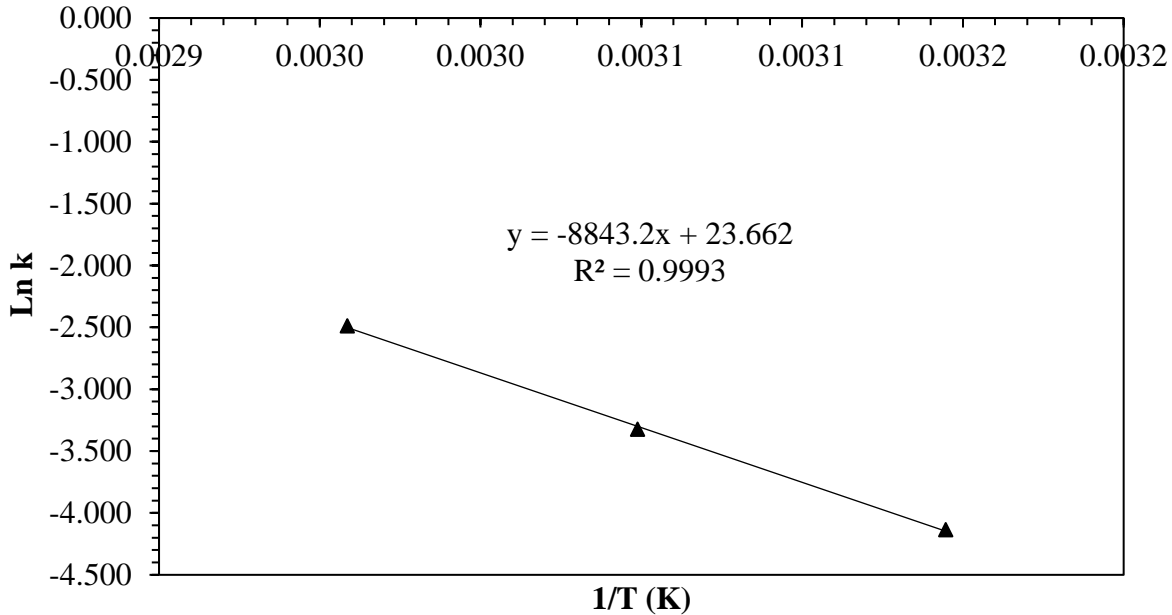
Para 5 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,0002} = 3001,55 \text{ horas} = 125 \text{ días}$$

**Anexo 6.** Datos para la degradación de betaxantinas.

**Figura 18**

*Ecuación cinética de orden uno para las betaxantinas en el néctar mixto*



La Figura 18 muestra la ecuación de Arrhenius para la cinética de primer orden; que facilitó calcular los valores de la ( $E_a$ ) y ( $k_0$ ):

$$E_a \text{ (orden 1)} = 8843,2 * R$$

$$E_a \text{ (orden 1)} = 8843,2 * 1,987207 \text{ cal/mol-K}$$

$$E_a \text{ (orden 1)} = 17573,269 \text{ cal/mol-K}$$

$$E_a \text{ (orden 1)} = 17,573 \text{ kcal/mol-K}$$

$$k_0 \text{ (orden 1)} = e^{23,662}$$

$$k_0 \text{ (orden 1)} = 1,889 \times 10^{10}$$

Así mismo, con la ayuda de la ecuación 8 y los datos de la regresión de la gráfica de primer orden se calculó el valor de ( $k$ ) para las temperaturas de 25, 15 y 5 °C para la degradación de betaxantinas del néctar mixto de tuna con aguaymanto.

$$\ln(k_{25 \text{ °C}}) = -8843,2 * \frac{1}{25+273} + 23,662$$

$$\ln(k_{25 \text{ °C}}) = -6,013168$$

$$k_{25 \text{ °C}} = 0,0024 \text{ h}^{-1}$$

$$\ln(k_{15 \text{ °C}}) = -8843,2 * \frac{1}{15+273} + 23,662$$

$$\ln(k_{15 \text{ °C}}) = -7,043556$$

$$K_{15\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,0009 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{Ln}(k_{5\text{ }^{\circ}\text{C}}) = -8843,2 * \frac{1}{5+273} + 23,662$$

$$\text{Ln}(k_{5\text{ }^{\circ}\text{C}}) = -8,148072$$

$$k_{5\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,0003 \text{ h}^{-1}$$

Posteriormente con los datos de las constantes de velocidad se calculó la vida media utilizando la ecuación 15.

Betaxantinas:

Para 25 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{0,0024} = 283,34 \text{ horas} = 12 \text{ días}$$

Para 15 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{0,0009} = 793,97 \text{ horas} = 33 \text{ días}$$

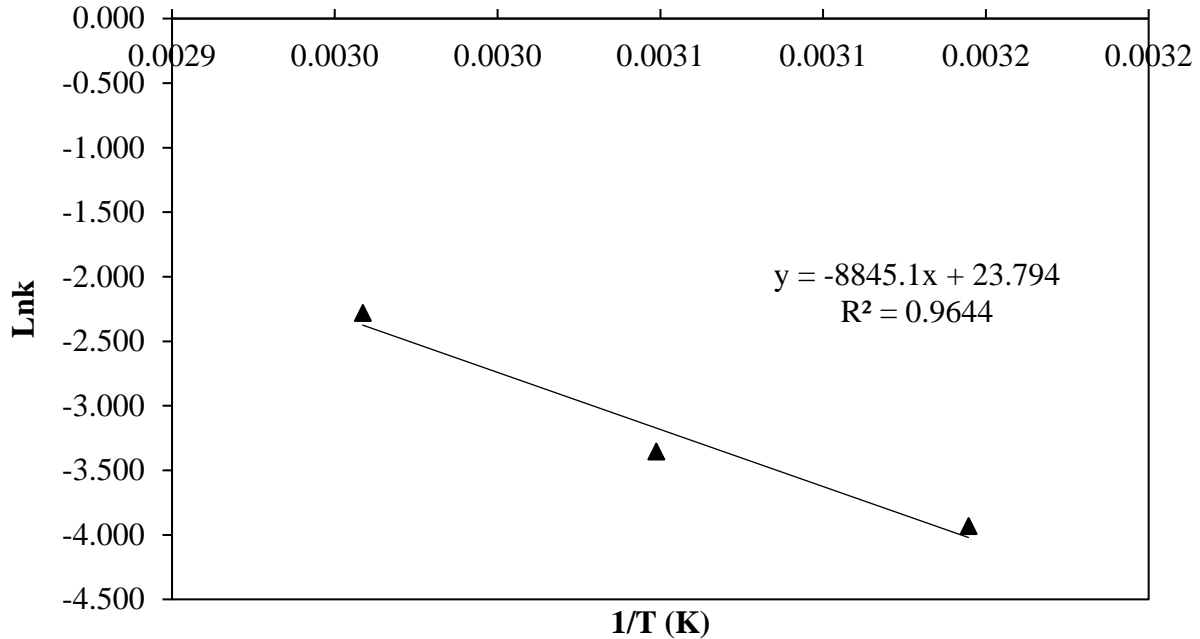
Para 5 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{0,0003} = 2396,01 \text{ horas} = 100 \text{ días}$$

**Anexo 7.** Datos para la degradación para fenoles totales.

**Figura 19**

*Ecuación cinética de orden uno para fenoles totales en el néctar mixto*



La Figura 19 muestra la ecuación de Arrhenius para la cinética de primer orden; que permitió calcular los valores de la ( $E_a$ ) y ( $k_0$ ):

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 8845,1 * R$$

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 8845,1 * 1,987207 \text{ cal/mol-K}$$

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 17577,045 \text{ cal/mol-K}$$

$$E_{a(\text{orden } 1)} = 17,577 \text{ kcal/mol-K}$$

$$k_0(\text{orden } 1) = e^{23,794}$$

$$k_0(\text{orden } 1) = 2,156 \times 10^{10}$$

Así mismo, con la ayuda de la ecuación 8 y los datos de la regresión de la gráfica de primer orden se calculó el valor de ( $k$ ) para las temperaturas de 25, 15 y 5 °C para la degradación de fenoles totales del néctar mixto de tuna con aguaymanto.

$$\text{Ln}(k_{25\text{ °C}}) = -8845,1 * \frac{1}{25+273} + 23,794$$

$$\text{Ln}(k_{25\text{ °C}}) = -5,886$$

$$k_{25\text{ °C}} = 0,0028 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{Ln}(k_{15\text{ °C}}) = -8845,1 * \frac{1}{15+273} + 23,794$$

$$\text{Ln}(k_{15\text{ °C}}) = -6,918$$

$$k_{15\text{ °C}} = 0,0010\text{ h}^{-1}$$

$$\text{Ln}(k_{5\text{ °C}}) = -8845,1 * \frac{1}{5+273} + 23,794$$

$$\text{Ln}(k_{5\text{ °C}}) = -8,023$$

$$k_{5\text{ °C}} = 0,0003\text{ h}^{-1}$$

Por otra parte, la vida media se calculó utilizando a ecuación 15.

Fenoles totales:

Para 25 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{0,0028} = 249,89\text{ horas} = 10\text{ días}$$

Para 15 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{0,0010} = 700,39\text{ horas} = 29\text{ días}$$

Para 5 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{0,0003} = 2114,12\text{ horas} = 88\text{ días}$$

**Anexo 8. Panel fotográfico**



**Imagen 1.** Materia prima para le elaboración del néctar mixto de tuna aguaymanto



**Imagen 2.** Néctar de mixto de tuna con aguaymanto



**Imagen 3.** Panelistas no entrenados realizando la prueba sensorial



**Imagen 4.** Muestras del tratamiento 8 mejor aceptado para la degradación cinética



**Imagen 5.** Cambio de compuestos después de almacenar a temperaturas altas y tiempos prolongados para predecir la vida útil.