

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AGROINDUSTRIAL**



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO, TEMPERATURA Y  
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE, EN LA CALIDAD COMERCIAL DEL  
AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)”**

**Tesis para optar el Título de  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por**

**Bach. EMERSON ROJAS CIPRIAN**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Con todo cariño, amor y admiración a mis padres, por haberme dado la vida y por brindarme la confianza, comprensión, paciencia y el apoyo incondicional.

A mis hermanos por su inmenso cariño, comprensión y constante apoyo en el logro de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A mi alma Mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por todo lo vivido y aprendido en mis años de formación profesional.
- A mi asesor, el Ing. Jack Edson Hernández Mavila, por su amistad, apoyo y orientación en el desarrollo de la tesis.
- A los técnicos de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, por su valiosa ayuda en el desarrollo de este trabajo.
- A mis amigos y compañeros de estudio, por su amistad, apoyo y comprensión.

## ÍNDICE

| Contenido                                                        | Pág.       |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen</b>                                                   | <b>vii</b> |
| <b>I. Introducción</b>                                           | <b>1</b>   |
| <b>Objetivos</b>                                                 | <b>4</b>   |
| <b>II. Revisión de literatura</b>                                | <b>5</b>   |
| 2.1 Aguaymanto                                                   | 5          |
| 2.2 Variedades y ecotipos                                        | 7          |
| 2.3 Propiedades y aspectos nutricionales del fruto               | 7          |
| 2.4 Índice y cosecha del aguaymanto                              | 9          |
| 2.5 Antimicrobianos naturales                                    | 10         |
| 2.6 Coberturas comestibles                                       | 11         |
| 2.7 Aplicación de coberturas comestibles en frutas y hortalizas  | 13         |
| 2.8 Materiales y coberturas para frutas y hortalizas             | 14         |
| 2.8.1 Importancia de la planta de Aloe vera                      | 15         |
| 2.8.2 Estructura y composición química de la planta de Aloe vera | 15         |
| 2.8.3 Mucílago de chía                                           | 22         |
| 2.9 Vitamina C                                                   | 26         |
| 2.9.1. Importancia del consumo de vitamina C                     | 28         |
| 2.9.2. Degradación del ácido ascórbico                           | 29         |
| 2.9.3. Fuentes de vitamina C                                     | 30         |

| <b>Contenido</b>                                   | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------|-------------|
| 2.10. Color                                        | 31          |
| 2.10.1. Métodos de medición del color              | 32          |
| 2.10.2. Colorimetría                               | 33          |
| 2.10.3. Modelo de color                            | 34          |
| 2.11. Calidad comercial de un producto alimenticio | 35          |
| 2.12. Análisis sensorial                           | 36          |
| 2.13. Tipos de Pruebas sensoriales                 | 38          |
| <b>III. Materiales y métodos</b>                   | <b>40</b>   |
| 3.1. Ejecución                                     | 40          |
| 3.2. Materiales, equipos, reactivos e insumos      | 40          |
| 3.2.1. Materia prima                               | 40          |
| 3.2.2. Materiales de vidrio y otros                | 40          |
| 3.2.3. Equipos e instrumentos                      | 42          |
| 3.2.4. Insumos y reactivos                         | 43          |
| 3.2.5. Software                                    | 43          |
| 3.3. Métodos de análisis                           | 43          |
| 3.3.1. Materia prima                               | 43          |
| 3.3.2. Producto final                              | 44          |
| 3.4. Tipo de investigación                         | 47          |
| 3.5. Nivel de investigación                        | 47          |
| 3.6. Metodología experimental                      | 48          |
| 3.6.1. Tratamiento del aguaymanto fresco           | 48          |
| 3.6.2. Tratamiento del gel de sábila               | 48          |

| <b>Contenido</b>                                                    | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| 3.6.3.Extracción del mucílago de chía                               | 51          |
| 3.7. Diseño experimental y análisis estadístico                     | 52          |
| 3.7.1. Variables e indicadores                                      | 52          |
| 3.8. Procedimiento experimental                                     | 54          |
| 3.8.1.Caracterización fisicoquímica del aguaymanto fresco           | 54          |
| 3.8.2.Evaluación del efecto del tiempo, temperatura y recubrimiento | 55          |
| Comestible en la calidad comercial del aguaymanto fresco            |             |
| <b>IV. Resultados</b>                                               | <b>56</b>   |
| 4.1. Caracterización fisicoquímica del aguaymanto fresco            | 56          |
| 4.2. Evaluación del efecto del tiempo, temperatura y recubrimiento  | 58          |
| Comestible en la calidad comercial del aguaymanto fresco            |             |
| durante el almacenamiento                                           |             |
| <b>V. Discusión</b>                                                 | <b>67</b>   |
| 5.1. Caracterización fisicoquímica del aguaymanto fresco            | 67          |
| 5.2. Evaluación del efecto del tiempo, temperatura y recubrimiento  | 68          |
| Comestible en la calidad comercial del aguaymanto fresco            |             |
| durante el almacenamiento                                           |             |
| <b>Conclusiones</b>                                                 | <b>81</b>   |
| <b>Recomendaciones</b>                                              | <b>83</b>   |
| <b>Referencias bibliográficas</b>                                   | <b>84</b>   |
| <b>Anexos</b>                                                       | <b>90</b>   |

## RESUMEN

Con el propósito de establecer la influencia del tiempo (7, 14 y 21 días), temperatura (20°C y 7°C) y recubrimiento comestible (mucílago de chía, gel de sábila y una mezcla equitativa de mucílago de chía y gel de sábila - mix) de almacenamiento en la calidad comercial del aguaymanto, se consideró aplicar un Diseño completo al azar con arreglo factorial. Según la variación de la concentración de sólidos solubles, el recubrimiento mix conservó mejor la calidad comercial del aguaymanto fresco, hasta los 14 días de almacenamiento a 7°C. La variación de la acidez, nos indica que el recubrimiento mix conservó mejor la calidad comercial del aguaymanto fresco, hasta los 21 días de almacenamiento a 7° C. La variación del peso, nos indica que el recubrimiento mix conservó mejor la calidad comercial del aguaymanto fresco, hasta los 14 días de almacenamiento a 7° C. La Prueba Duncan para el atributo sabor, nos indica que el Tratamiento 12 (7 días y 20 °C de almacenamiento con un recubrimiento comestible mix - mucílago de chía: gel de sábila de 1: 1), tuvo un alto nivel de aceptación. La Prueba Duncan para el atributo color, nos indica que el Tratamiento 10 (7 días y 20 °C de almacenamiento con un recubrimiento comestible mix - mucílago de chía: gel de sábila de 1: 1), tuvo un alto nivel de aceptación.

**Palabras claves:** Gel de sábila, calidad comercial, recubrimiento comestible.

## I. INTRODUCCIÓN

El Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una planta herbácea, que en algunos lugares de nuestro país es considerada como maleza a la cual en las décadas pasadas no se le dio importancia a su cultivo, siendo desplazada por otras siembras, incluso ha sido objeto de ataques con el fin de erradicarla. Sin embargo, la Corporación Colombia Internacional la describe como “un fruto tropical con extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales” como purificar la sangre, disminuyendo la albúmina de los riñones, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas y aliviar las afecciones de garganta. Aunque su origen es peruano, actualmente se comercializa y conoce más en otros países que el nuestro. Desde los años ochenta hasta la presente fecha, el fruto del aguaymanto empieza a tener importancia comercial por sus características de aroma y sabor dulce, en los mercados nacionales y extranjeros como Canadá, Alemania y otros. Actualmente existen plantaciones comerciales con fines de exportación en Ecuador, Colombia, Chile y Sudáfrica principalmente (AMPEX, 2008).

El fruto del aguaymanto viene envuelta por un capuchón o cáliz el cual mantiene sus características fisicoquímicas y su vida útil por más tiempo (FAO, 2006); el cual a su vez es utilizado por los productores y comercializadores como un método visual para



determinar su índice de madurez, el cual normalmente coincide con la coloración del fruto (Galvis et al., 2005) y (AMPEX, 2008). También es usual que se presenten cálices verdes en frutos completamente maduros, lo cual es consecuencia de las condiciones climáticas (temperatura, radiación, nubosidad). Existe también el caso contrario, es decir, cálices amarillos y frutos totalmente verdes, cabe mencionar también que este cáliz puede ser atacado por enfermedades como el machorreo, mancha grasienta, mancha gris ploma, etc., los cuales pueden afectar o no el fruto, y ante esto, una alternativa es la extracción del cáliz, con lo cual la vida útil del aguaymanto disminuye considerablemente (Fisher et al., 2005).

La calidad del aguaymanto se deteriora con el manejo y el paso del tiempo, razón por la cual se genera la necesidad de aplicar ciertos pre-tratamientos que deben realizarse antes del almacenamiento, los cuales son suplementarios al uso de la temperatura y humedad relativa, entre los que se encuentran la inmersión en cloruro de calcio y el encerado (FAO, 1989).

Aunque en un inicio el cloruro de calcio solo se aplicaba a manzanas en soluciones al 4-6% (FAO, 1989), hoy en día se puede ver que este es aplicado en una gran variedad de frutas ya sean exteriormente o en los denominados de “Cuarta Gama” (Olusola, 2002). Por su parte la cera para recubrir superficialmente ciertas frutas y hortalizas es usada principalmente como sustituto de la propia cera natural del producto que pudo haber sido removida durante el lavado y limpieza; estos tratamientos tienden a reducir la marchitez, el arrugamiento y mejorar la apariencia de los productos tratados, con lo cual la vida útil se mantiene o mejora según el producto que se trate (FAO, 1989).

Los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis química, y buscan aquellos

enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos (Ponce et al., 2008).

En la actualidad se busca aumentar el periodo de vida útil del fruto con diversos factores que coadyuven al mantenimiento de la estabilidad y propiedades fisicoquímicas en las mejores condiciones aptas para el consumo humano.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la influencia del tiempo, la temperatura y el recubrimiento comestible a base de chía, sábila y mix en la calidad comercial del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la influencia del recubrimiento comestible a base de mucílago de chía y gel de sábila en las propiedades fisicoquímicas y sensorial del aguaymanto).
- Evaluar el efecto del tiempo en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del aguaymanto).
- Determinar el efecto de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del aguaymanto).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)**

El aguaymanto es una especie frutal de origen andino, fue descubierto después de 500 años de estar en el olvido, perteneciente al género *Physalis*, familia Solanaceae, pariente de la papa, tomate, ají y rocoto. Es una fruta redonda, amarilla, con pulpa agri dulce dentro de las cuales pueden encontrarse gran número de semillas, es pequeña entre 1,25 y 2,00 cm de diámetro, puede pesar de 4 a 10 g y permanece cubierto por el cáliz o capacho, durante todo su desarrollo (Pillpa, 2012; Dostert y otros, 2011). El color y aroma del fruto varía según los ecotipos, encontrándose desde color verde limón hasta amarillo dorado, cuando están maduros. La pulpa amarilla y jugosa, es muy agradable por su sabor azucarado, así como la materia mucilaginosa que rodea las semillas (Arrayan, 2011).

El aguaymanto también conocido como "la cereza del Perú", fue parte de la dieta de los incas, pero su antigüedad es mayor. Es un fruto con gran potencial económico, que crece en la costa, sierra y selva del Perú, produciendo hasta 30 t/ha. Este fruto contiene

propiedades medicinales, es una excelente fuente de vitaminas A y C, proteínas, fósforo y complejo vitamínico B, donde se viene valorando por su alto contenido de ácido ascórbico (Vitamina C), carotenoides, que son compuestos naturales y contienen propiedades nutraceuticas (Pillpa, 2012).

En la Tabla 2.1, se presenta la clasificación taxonómica del aguaymanto.

**Tabla 2.1**  
**Clasificación taxonómica del aguaymanto**

| <b>Jerarquía</b> | <b>Descripción</b>           |
|------------------|------------------------------|
| Reino            | Plantae                      |
| Subreino         | Tracheobionta                |
| División         | Angiospermae                 |
| Clase            | Magnoliosida                 |
| Subclase         | Asteridae                    |
| Orden            | Tubiflorales                 |
| Familia          | Solanaceae                   |
| Género           | <i>Physalis</i>              |
| Especie          | <i>Physalis peruviana</i> L. |
|                  | Uchuva, uvilla, tomatillo,   |
| Nombre comunes   | aguaymanto, capulí.          |

Fuente: Doster et al., (2011)

El fruto del aguaymanto empieza a tener importancia comercial desde los años ochenta, por sus características de aroma y sabor dulce, en los mercados nacionales y extranjeros. Actualmente existen plantaciones comerciales con fines de exportación en Ecuador, Colombia Chile y Sudáfrica principalmente. El aguaymanto por ser una

planta en estado silvestre, ella misma por selección natural se ha mejorado, siendo resistente al ataque de plagas y enfermedades, es destruida casi únicamente por la larva de un lepidóptero que dañan los frutos maduros (AMPEX, 2008).

## **2.2. VARIEDADES Y ECOTIPOS**

El género *Physalis* incluye unas 100 especies herbáceas perennes y anuales, cuyos frutos se forman y permanecen dentro del cáliz. La *Physalis* peruviiana es la más utilizada por su fruto azucarado. Se han identificado tres ecotipos de aguaymanto que se cultivan, que proceden de Kenia, Sudáfrica y Colombia, de donde han tomado sus nombres, que se diferencian por el color y el tamaño del fruto, por la forma del cáliz y por el peso de los frutos cuando maduran. Los ecotipos Sudáfrica y Kenia tienen un peso promedio de 6 a 10 g, mientras que el de origen colombiano es más pequeño y puede pesar entre 4 y 5 g. Así mismo muestra coloraciones vivas y mayor contenido de azúcar, cualidad que le brinda una ventaja en los mercados internacionales. En relación con el arquetipo de las plantas, también se presentan diferencias: el ecotipo Colombia es alto y de hojas pequeñas mientras que el ecotipo Sudáfrica se caracteriza por su porte bajo y hojas más grandes (AMPEX, 2008).

## **2.3. PROPIEDADES Y ASPECTOS NUTRICIONALES DEL FRUTO**

El aguaymanto es excelente fuente de vitamina A (1,1 mg/100 g), importante para el desarrollo bueno del feto y esencial para una vista buena y la vitamina C (28 mg/100 g) contribuye a la salud de la piel, muy rico en fósforo (39 mg/100 g), indispensable para prevenir la osteoporosis, y en hierro (0,34 mg/100 g), un mineral esencial para la formación y purificación de la sangre y que está en la deficiencia de numerosas mujeres embarazadas, ayuda a eliminar albumina de los riñones y tiene un sabor agridulce dejando en el paladar un aroma muy agradable (Arrayan, 2011).

El aguaymanto es usado en la industria terapéutica, química y farmacéutica, para curar la diabetes, y prevenir las enfermedades como cataratas, miopía (tonifica el nervio óptico), también se le atribuye aliviar las afecciones de garganta, próstata, ser un calcificador, controlar la amibiasis y según estudios, disminuye de una manera importante los riesgos de enfermedades cardiovasculares, entre otros gracias a su actividad de antioxidante y es utilizada como tranquilizante natural por su contenido de flavonoides. En la Tabla 2.2., se presenta la composición nutricional del aguaymanto.

**Tabla 2.2**

***Composición nutricional del aguaymanto***

| <b>Factor nutricional</b> | <b>Contenido (por cada 100 g de porción comestible)</b> |
|---------------------------|---------------------------------------------------------|
| Calorías                  | 54.0                                                    |
| Agua                      | 79.6                                                    |
| Proteína                  | 1.1 g.                                                  |
| Grasa                     | 0.4 g.                                                  |
| Carbohidratos             | 13.1 g.                                                 |
| Fibra                     | 4.8 g.                                                  |
| Ceniza                    | 1.0 g.                                                  |
| Calcio                    | 7.0 mg.                                                 |
| Fósforo                   | 38 mg.                                                  |
| Hierro                    | 1.2 mg.                                                 |
| Vitamina A                | 648 U.I.                                                |
| Tiamina                   | 0.18 mg                                                 |
| Riboflavina               | 0.03 mg.                                                |
| Niacina                   | 1.3 mg.                                                 |
| Ácido ascórbico           | 26 mg.                                                  |

Fuente: AMPEX (2008).

## **2.4. ÍNDICE Y COSECHA DEL AGUAYMANTO**

El aguaymanto se considera una fruta climatérica, es decir que una vez separada de la planta, continúan todos sus procesos de maduración; por esta razón es importante identificar el momento preciso para realizar la recolección. Existen varios métodos para definir el momento apropiado de la cosecha, sin embargo, el color del cáliz o capacho es el más utilizado por los productores y comercializadores (AMPEX, 2008). La planta de aguaymanto produce sus mejores y más grandes frutos durante los primeros meses de cosecha. Con un manejo agronómico adecuado un cultivo de aguaymanto puede producir fruta de buena calidad durante un año.

Posteriormente el tamaño de la fruta disminuye y la calidad se ve afectada. Se recomienda comercializar la fruta durante las siguientes 12 horas después de la cosecha, de lo contrario deberá almacenarse a una temperatura de 4 °C y 90% de humedad relativa (Cahuapaza y Matos, 2011).

La velocidad a la que una fruta consume alimento o respira, depende de muchos factores, entre los cuales cabe mencionar: la temperatura, es el factor que mayor influencia ejerce sobre la velocidad de respiración de la fruta. Las temperaturas altas aceleran el proceso de respiración llevando rápidamente al deterioro de la fruta. Sin embargo las temperaturas muy bajas también pueden ocasionar daño al producto. Por esto es necesario determinar la temperatura adecuada para cada producto. El aguaymanto es una fruta con una tasa de respiración relativamente baja, sin embargo es recomendable mantenerla a baja temperatura, alrededor de los 3 °C, máximo 7 °C (Benavides y Cuasqui, 2008).



## **2.5. ANTIMICROBIANOS NATURALES**

Las plantas, hierbas y especias, así como, sus derivados, aceites esenciales y compuestos aislados de extractos contienen un gran número de sustancias que se sabe que inhiben diversas actividades metabólicas de las bacterias, levaduras y mohos. Los aceites esenciales del anís, la zanahoria, el cardamomo, la canela, clavo de olor, cilantro, eneldo, hinojo, ajo, nuez moscada, orégano, perejil, romero, salvia o el timol son inhibidores de diversas bacterias de descomposición o patógenas, mohos y levaduras (Valencia, 2009).

Cada vez se descubren más plantas o partes de estas que contienen antimicrobianos naturales, por ejemplo los que incluyen compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas, por lo que ya no solo tendremos mayor seguridad, sino mejor calidad de los alimentos ya que este tipo de antimicrobianos se consideran como fuentes potencialmente seguras (Rodríguez, 2011).

La actividad antimicrobiana de hierbas y plantas es generalmente atribuida a los compuestos fenólicos presentes en sus extractos o aceites esenciales, y se ha observado que la grasa, proteína, concentración de sal, pH y temperatura afectan la actividad antimicrobiana de estos compuestos (Rodríguez, 2011).

El efecto inhibidor que algunos extractos de vegetales pueden tener sobre las bacterias de importancia, radica en sus componentes activos, que parecen actuar permeabilizando la membrana, manifestando propiedades antimicrobianas, en particular contra los patógenos de transmisión alimentaria; se puede mencionar el ácido camósico en el romero, capsaicina en el ají, carvacrol y el timol en el orégano, la curcumina en la cúrcuma, el eugenol en el clavo de olor, laurel y albahaca, alicina

en el ajo, quercitina de la cebolla, extractos de olivo y arándano, y muchos más (Campos et al., 2011).

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas complejas en cuya composición se encuentran los hidrocarburos como terpenos, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos, los cuales son los responsables del aroma que caracteriza a los aceites esenciales. La actividad antifúngica de los aceites esenciales se asocia al contenido de fenoles monoterpenos especialmente el de tomillo (*Thymus vulgaris* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y clavo (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). Su mecanismo de acción se asocia con la capacidad de interactuar con el citoplasma del patógeno y su modo de acción parece estar estrechamente relacionado con la solubilidad de cada compuesto (Ramos-García, 2010).

## **2.6. COBERTURAS COMESTIBLES**

Una cobertura comestible es una delgada capa de material comestible formada encima de la superficie externa de un alimento; mientras que, una película comestible es una capa delgada preformada, hecha de material comestible, que una vez formada puede ser colocada sobre o entre componentes alimentarios. La principal diferencia entre estos sistemas alimentarios es que la cobertura comestible es aplicada en forma líquida sobre los alimentos, usualmente por inmersión del producto en una solución formada por una matriz estructural (carbohidratos, proteínas, lípidos o mezcla de ellos), y una película comestible es primero moldeada como una hoja sólida, que son luego aplicadas como envoltura sobre el alimento (Falguera et al., 2011).

Este tipo de cobertura puede consumirse con el alimento, además tiene la finalidad de extender el tiempo de vida del producto, pudiendo ser consumido con el alimento o sin

la necesidad de ser removido. Las coberturas comestibles proporcionan un reemplazo o fortificación de las capas naturales del alimento para prevenir la pérdida de humedad, mientras selectivamente permite el control del intercambio de gases importantes tales como oxígeno, dióxido de carbono y etileno, que están involucrados en el proceso de respiración y maduración. Una cobertura o película puede también proporcionar una superficie estéril y prevenir la pérdida de otros componentes importantes del alimento. Generalmente, su espesor es menor de 0.3 mm (Embuscado y Huber, 2009; Vargas et al., 2008).

Según Pastor (2010) las coberturas comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir. Algunos de estos requerimientos, dependientes de la naturaleza del producto alimenticio al cual se aplica y de su principal mecanismo de deterioro son:

- Propiedades sensoriales: deben ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento y no ser detectados durante su consumo.
- Propiedades de barrera: presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua y solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles.
- Deben estar libres de tóxicos y ser seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Debe ser un buen medio para adición de distintos aditivos (antioxidantes, saborizantes, colorantes, agentes antimicrobianos, nutrientes, probióticos y compuestos antipardecimiento), si fuese necesario.
- Los costos de las materias primas y de producción del recubrimiento deben ser de bajos.

Las propiedades funcionales de un recubrimiento comestible no solo están directamente relacionadas con la selección de los componentes, la proporción en la formulación y las interacciones químicas entre estos, sino además, por la técnica de preparación empleada (Villamán, 2007).

En las coberturas se puede utilizar los carbohidratos, como matriz estructural; almidones de interés como el de yuca plastificado con glicerol, polietilenglicol, e incorporado con compuestos antimicrobianos naturales, y almidón de maíz estándar y pre-gelatinizado hacen parte de los biopolímeros de interés por su bajo precio y accesibilidad (Falguera et al., 2011).

En la elaboración de las coberturas comestibles se usa plastificantes, que son sustancias estables, no volátiles y con alto punto de ebullición, las cuales cambian las propiedades físicas o mecánicas del material, obteniendo una cobertura menos frágil, más flexible, más dócil y, eventualmente, más dura y resistente (Aguilar, 2005).

## **2.7. APLICACIÓN DE COBERTURAS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS**

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas presentan una vida útil muy corta debido a limitaciones microbiológicas, sensoriales y nutricionales. En este caso, las investigaciones que se están desarrollando actualmente se centran en incluir en las formulaciones la utilización de conservantes para retardar el crecimiento de levaduras, mohos y bacterias durante su almacenamiento y distribución, contribuyendo así a aumentar su vida útil (Pastor, 2010).

La aplicación de coberturas comestibles supone una alternativa de futuro para la conservación de la calidad de frutas y hortalizas. Su aplicación permite alargar la vida útil durante el almacenamiento al reducir las pérdidas de humedad y velocidad de

maduración de los frutos, ya que actúan como barrera al intercambio gaseoso. Protege a los productos frescos del ablandamiento de su textura durante el almacenamiento y restringe la pérdida de los compuestos de sabor y color natural de los productos frescos o de la adquisición de olores extraños. También se utilizan para mejorar su integridad mecánica o su protección frente a la manipulación posterior y para aportar brillo a la fruta confiriéndole un aspecto más apetecible en el punto de venta (McHugh et al., 2009).

Es claro que las coberturas comestibles en frutas y hortalizas frescas proporcionan el mismo efecto de una atmosfera modificada (Bósquez, 2003).

El diseño de un envase en atmosfera modificada va a depender de variables como las características del producto, su masa, la composición gaseosa recomendada, la permeabilidad a los gases del material de envasado, y su dependencia a la temperatura, y la actividad respiratoria del producto que variara en función de la composición gaseosa y la temperatura (OMS, 2008).

En la bibliografía se pueden encontrar numerosos estudios de ejemplos de aplicación de cubiertas comestibles a frutas y hortalizas tales como aguacate, espárrago, fresa, mango, manzana, pera, zanahoria, entre otros.

En la mayoría de los casos se consigue una reducción importante en la pérdida de peso de las muestras, una mayor retención de vitaminas, antocianinas y en general, una mayor vida útil (Gonzáles, 2010).

## **2.8. MATERIALES Y COBERTURAS PARA FRUTAS Y HORTALIZAS**

No todas las coberturas comestibles son adecuadas para cualquier tipo de fruta, e incluso dentro del mismo tipo de fruta, las mismas coberturas a veces pueden trabajar bien en una variedad y no en todas. Deben tenerse en cuenta factores básicos a la hora

de la formulación de recubrimientos comestibles para frutas mínimamente procesadas. Dos de estos factores son la estructura mecánica de la cobertura y la afinidad entre el material de revestimiento (Olivas y Barbosa, 2005).

Existen básicamente dos tipos de biomolecular empleadas para la elaboración de cobertura, los hidrocoloide (proteínas o carbohidratos) y los lípidos. Generalmente ambos se usan combinadamente para contrarrestar las deficiencias que presentan cada grupo por separado. Entre los carbohidratos estudiados para el desarrollo de coberturas comestibles se encuentran: celulosa y sus derivados, alginatos, pectinas, goma arábica, almidones y almidones modificados. En el caso de proteínas; provenientes de cereales como maíz, trigo o avena, las lácteas, las obtenidas de animales marinos como peces y camarones, la gelatina o las proteínas de soya. Los lípidos incluyen ceras, acilglicéridos y ácidos grasos (Abraján, 2008).

### **2.8.1 IMPORTANCIA DE LA PLANTA DE SÁBILA (*Aloe vera*)**

En la actualidad diversas industrias se han orientado hacia la obtención del gel en diferentes presentaciones; este mercado ha ido evolucionando significativamente durante los últimos años y mantiene una proyección de crecimiento no menor de 12 % interanual, estimándose un mercado global de 65 millones de dólares en productos primarios (plántulas, hojas y gel) y más de 200 mil millones de dólares en productos como champús, lociones, bebidas y medicamentos (Eshun y He, 2004 y Ramachandra y Srinivasa, 2008).

### **2.8.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICION QUIMICA DE LA PLANTA DE ALOE VERA**

Químicamente el Aloe vera se caracteriza por la presencia de constituyentes fenólicos que son generalmente clasificados en dos principales grupos: las cromonas, como la

aloensina y las antraquinonas (libres y glicosiladas) como la barbaloína, isobarbaloína y la aloemodina; estos compuestos se encuentran en la capa interna de las células epidermales. La aloína es el principal componente del acíbar, que la planta secreta como defensa para alejar a posibles depredadores por su olor y sabor desagradable. También interviene en el proceso de control de la transpiración en condiciones de elevada insolación. La aloína es un glucósido antraquinónico que le confiere propiedades laxantes al acíbar y se utiliza en preparados farmacéuticos produciendo en ocasiones alergias a personas sensibles (Domínguez, et al., 2012). En la fabricación de productos alimenticios a base de Aloe vera, estos no deben contener aloína dado sus propiedades laxantes y alergénicas.

Diferentes antraquinonas naturales y compuestos similares contenidos en la aloína, han mostrado efectos antivirales para algunas infecciones tales como en el herpes simplex tipos 1 y 2, varicela e influenza H1N1. También se ha encontrado que la aloemodina presenta actividad contra una gran variedad de virus. Diversos estudios reconocen que las antraquinonas son los principales compuestos químicos que actúan directamente sobre los virus, impidiendo la adsorción del virus y su consecuente replicación (Rivero et al., 2002; Reynolds, 2004). Por otra parte, el gel o pulpa es una masa gelatinosa e incolora formada por células parenquimáticas, estructuradas en colénquima y células pétreas delgadas. El gel está constituido principalmente de agua, mucilagos y otros carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, enzimas, esteroides, triacilglicéridos, aminoácidos, ARN, trazas de alcaloides, vitaminas y diversos minerales (Reynolds, 2004). La aplicación tópica del gel de sábila estimula la actividad de fibroblastos y la proliferación de colágeno, favoreciendo la cicatrización y la angiogénesis (Domínguez, et al, 2012). Todas estas sustancias aportan al organismo

muchos nutrientes necesarios para su función, y aunque de origen vegetal, son reconocidas por el organismo como propias, siendo perfectamente asimiladas sin producir ningún efecto colateral indeseable (Reynolds, 2004). También hay evidencia que sugiere que el gel de la sábila contiene diversas sustancias que aisladas o en conjunto presentan efectos terapéuticos, por lo que una mejor comprensión de estos componentes y de sus efectos es esencial para desarrollar productos a partir de gel de Aloe vera con fines terapéuticos (Choi y Chung, 2003).

### **El Gel de Aloe vera**

Es la gelatina mucilaginosa obtenida del tejido esponjoso interior de las hojas. En su estado natural, el gel está protegido en el interior de las hojas por la carnosa envoltura exterior, pero una vez que la hoja es cortada, el gel se expone al aire, lo que provoca una rápida oxidación y descomposición, dando como resultado una importante disminución de sus propiedades biológicas. Para evitar esta degradación, es necesario encontrar un método de estabilización adecuado, pero independientemente del método y de la calidad relativa del gel de la planta, los mejores resultados se obtendrán cuando las hojas sean procesadas inmediatamente después de ser cortadas. Esto es debido a que la degradación del gel comienza por reacciones enzimáticas naturales y también al crecimiento de bacterias ante la presencia de oxígeno (Ramachandra y Srinivasa-Rao, 2008).

El Aloe-gel (jugo o zumo de sus hojas) no contiene acíbar, puesto que en el proceso de elaboración se realiza un drenaje de las hojas que permite la extracción de este elemento. El gel de Aloe vera, una vez eliminado el acíbar o aloína, no produce efectos purgantes ni tóxicos, pero conserva sus propiedades, entre las que destacan el ser



hidratante, cicatrizante, regenerador de la piel y mucosas, antiinflamatorio, depurativo y restaurador del sistema inmunológico, entre otros.

El gel de Aloe vera penetra hasta las capas más profundas de la piel con gran facilidad, alcanzando el sistema capilar de irrigación sanguínea de la dermis y ayudando a evacuar los residuos de deshecho depositados en sus paredes, dejando los capilares limpios para que los glóbulos rojos hagan su función de alimentar y oxigenar las células de los tejidos por donde pasan.

Esta acción de penetración sirve también para que los principios activos que acompañan al Aloe vera en las distintas fórmulas de los productos cosméticos, penetren hasta las citadas capas de la piel y hagan las funciones de tratamiento que se espera de ellos. Existen en el mercado productos de Aloe vera que están avalados y garantizados por el consejo científico internacional del Aloe vera, International Aloe vera Science Council (IASC), y que controla y garantiza los estándares de calidad y pureza del Aloe vera, por lo tanto es recomendable adquirir productos con esta garantía que figura en la etiqueta.

El Aloe-gel no presenta el efecto laxante del acíbar, y es un excelente elemento cicatrizante. Cuando se ingiere por vía interna es a razón de varias cucharadas soperas al día, especialmente en el tratamiento de la úlcera gástrica o de problemas intestinales. Por vía externa se puede aplicar hasta seis o siete veces al día en las diversas preparaciones farmacéuticas y cosméticas presentes en el mercado (Ramírez, 2003).

Actualmente existen diferentes técnicas de estabilización, pero todas coinciden en los siguientes pasos: lavado de la hoja recién cortada con un bactericida, separación mecánica del gel de la corteza exterior. La separación del gel podría facilitarse con la filtración del gel obtenido, estabilización mediante el empleo de frío o calor y/o la

adición de conservantes u otros aditivos, como el ácido cítrico, ácido ascórbico o ácido fosfórico, aunque los más utilizados son los dos primeros. En la estabilización por frío todo el proceso se realiza a baja temperatura. Otra medida de esterilización en el proceso en frío consiste en exponer el gel a luz ultravioleta, seguido de una microfiltración. Por otro lado, la estabilización por calor se logra sometiendo el gel de aloe a un tratamiento de pasteurización a alta temperatura. Según Navarro (2013), la actividad biológica del gel de Aloe vera se mantiene esencialmente intacta cuando se calienta a 65 °C durante periodos inferiores a 15 minutos. Largos periodos de tiempo o temperaturas más altas (superiores a 75 °C) reducen en gran medida los niveles de actividad. Sin embargo, otros expertos afirman que el método óptimo de esterilización es HTST (High Temperature Short Time), seguido de una rápida refrigeración a 5 °C o menos. Finalmente, Bill Coats descubrió y patentó la técnica de conservación que consiste en dejar incubar el gel dentro de cubas, añadiendo vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (tocoferol) y sorbitol para impedir que se oxide.

### **Etapas del procesamiento del gel de Aloe vera**

El procesamiento del gel de Aloe vera inicia con la cosecha de la sábila; esta consiste en cortar las hojas a mano desde la base de la planta; las hojas se transportan a la planta procesadora, para ello se emplean hieleras portátiles o camiones con refrigeración integrada. El proceso de corte puede generar cierto oscurecimiento en las zonas de los cortes debido a la oxidación enzimática (Beppu et al., 2006).

El proceso en la planta procesadora involucra un lavado de las hojas frescas con agua y soluciones bactericidas. Generalmente, el gel puede ser removido mecánicamente de las capas exteriores por medio de una operación conocida como fileteado, pero existen otros métodos para la obtención del gel, tales como:

- Ecurrimiento simple: con este procedimiento se obtiene un gel de excelente calidad, se realizan cortes en la planta y por gravedad se recoge el gel liberado. La desventaja de este método radica en que el tiempo de obtención es muy lento y posee muy bajo rendimiento.
- Ecurrimiento con adición de calor: el rendimiento es mayor que con el escurrimiento en frío o simple, ya que al calentar la viscosidad del gel disminuye y se facilita el escurrimiento, pero existe un mayor daño en los componentes bioactivos y un incremento en las reacciones de oxidación debidas al tratamiento térmico.
- Separación mecánica por prensado: con este método se obtienen geles con restos de paredes vegetales de la planta; se ha encontrado que estos restos catalizan una coloración roja en el gel.
- Separación mecánica manual y frotación de las hojas: En este método las hojas de Aloe son cortadas por sus orillas y se separa en forma manual una de las caras, así la hoja con el gel se raspa con una malla de acero para extraerlo. Este procedimiento es de bajo rendimiento y complicado. La separación provoca que en ocasiones, material vegetal de las paredes de las hojas se pasen al gel disminuyendo la calidad del producto.
- Separación manual por fileteado: cortes manuales a la hoja se realizan fileteando el gel con un cuchillo a partir de aproximadamente 2,5 cm desde la base de la hoja abarcando su extremo superior y las partes laterales, el gel obtenido se licua con aspas de acero. Este es el método más utilizado y que provee mejores rendimientos y una mejor calidad del gel, pero se requiere una mayor mano de obra para realizar esta operación (Conti et al., 2006; Reynolds, 2004).

El siguiente paso es la molienda, los filetes del gel se homogenizan en un triturador comercial de alta velocidad a temperatura ambiente (25 °C). Mientras más largo sea el tiempo de molienda, mayor será el índice de oscurecimiento en el jugo del gel de Aloe vera, debido a las reacciones de pardeamiento enzimático. Por lo tanto, al triturar o moler se recomienda emplear alrededor de 10 a 20 minutos para evitar este oscurecimiento. El gel licuado es de alto rendimiento y apto para su uso en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. Posteriormente, se lleva a cabo una estabilización del gel mediante la adición de enzimas pectolíticas; esta se lleva a cabo para mantener los compuestos biológicamente activos, como los polisacáridos, ya que son los componentes más abundantes e importantes en el gel de sábila. Se ha reportado que la adición de enzimas a 50 °C y por periodos de 20 minutos no inducen la pérdida de la actividad biológica de los polisacáridos en el gel (Ramachandra y Srinivasa, 2008). Una vez adicionadas las enzimas se hace una filtración; esta operación influye en la estabilidad del jugo de gel de sábila y se lleva a cabo la sedimentación de partículas en el producto. En seguida se hace una adición de vitamina C y ácido cítrico. El jugo de sábila sin pasteurizar se fortifica con vitamina C y ácido cítrico para evitar reacciones de pardeamiento, para mejorar el sabor del jugo y para lograr una mejor estabilización. El pH del jugo se ajusta entre 3,0 y 3,5 mediante la adición de ácido cítrico. Otro paso, es realizar una desaeración que generalmente se realiza haciendo vacío en el gel líquido para eliminar el oxígeno atrapado en forma de burbujas durante el proceso de homogenización. El objetivo de este proceso es evitar la oxidación del ácido ascórbico, lo cual mejora la vida útil del jugo del gel de Aloe vera. El proceso de pasteurización es similar al procesamiento de jugos de vegetales; este proceso puede afectar el sabor, la apariencia y el contenido de la actividad biológica del producto de

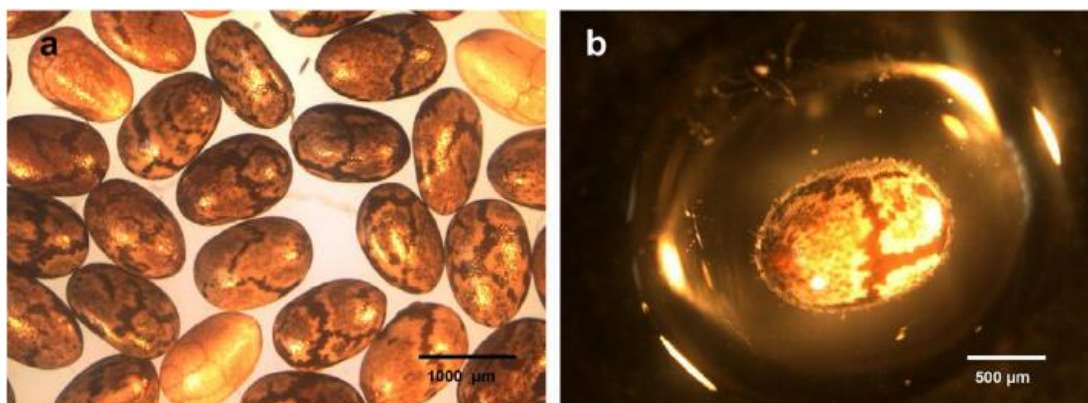
gel de Aloe vera. El proceso de HTST a 85-95 °C durante 1 o 2 minutos, es un método eficaz para evitar el mal sabor y la pérdida de actividad biológica del gel (Eshun y He, 2004). Después de la pasteurización, el jugo se enfría súbitamente hasta 5 °C durante 10-15 segundos. Este es un paso crucial para preservar la actividad biológica del gel. Finalmente el jugo del gel de Aloe vera se puede envasar en frascos de vidrio o plástico para su distribución. Es necesario para su conservación controlar la humedad relativa y la temperatura, el control de ambos parámetros ambientales son muy importantes, pues variaciones drásticas de temperatura y humedad pueden afectar las sustancias volátiles del jugo y que pueden ser absorbidas por el material de embalaje y en consecuencia, afectar la calidad y la vida útil del producto (Domínguez, et al., 2012).

### **2.8.3. MUCÍLAGO DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.)**

El análisis comparativo del contenido de fibra de las semillas de chía (18- 30%) respecto al de otros cereales, permite apreciar que la chía tiene 1,6; 2,3; 2,6; 8,3 y 9,8 veces más contenido de fibra dietética que la cebada, trigo, avena, maíz y arroz, respectivamente. El contenido de fibra en la harina residual de chía -luego de la extracción de aceite- representa alrededor de un 40%, del cual un 5% corresponde a fibra soluble, denominada mucílago. Las semillas de chía contienen 5-6% de mucílago que se puede utilizar como fibra dietética (Reyes- Caudillo et al., 2008).

Los mucílagos son constituyentes normales de los vegetales, producto de su metabolismo y se acumulan en células especiales dentro de los tejidos. Se localizan como material de reserva hidrocarbonado, reserva de agua en plantas o bien como elementos estructurales en vegetales inferiores (algas), proporcionándoles elasticidad y suavidad (Guiotto, 2014).

El mucílago de las semillas de chía es un polisacárido de alto peso molecular que se encuentra en las tres capas exteriores de la cubierta de la semilla. Cuando la semilla entra en contacto con el agua, el mucílago emerge inmediatamente y en un corto periodo se forma un "cápsula mucilaginoso" transparente que rodea la semilla (Muñoz et al., 2012).



**Figura 2.1**

***Micrografías ópticas de semillas de chía (a) semillas secas y enteras (b) semilla entera hidratada con la formación de la “cápsula mucilaginosa”***

Fuente: Muñoz et al., 2012

Las unidades estructurales que componen el mucílago de la semilla de chía, fueron descritas como un tetrasacárido con una cadena principal compuesta por unidades de (1→4)-β-D-xilopiranosil-(1→4)-α-D-glucopiranosil-(1→4)-β-D-xilopiranosil con ramificaciones de 4-O-metil-α-D-ácido glucurónico en la posición O-2 de β-D xilopiranosil de la cadena principal. La relación de los monosacáridos β-D-xilosa, α-D-glucosa y ácido 4-O-metil-α-D-ácido glucurónico es de 2:1:1. Cabe destacar que el contenido de ácido glucurónico es elevado (aproximadamente 25%), característico de este tipo de sustancias (Lin et al., 1994).

Los mucílagos no exudan de forma espontánea desde los vegetales, teniendo que recurrirse en muchas ocasiones a la trituración y/o a la utilización de disolventes para su extracción (Reynoso-Cortés, 2002).

### **Características físico químicas del mucilago de la semilla de chía**

Las semillas de chía tienen una capa de gel que protegen a la semilla de climas áridos y calientes donde se siembran. Cuando una cucharada de semillas de chía es revuelta en un vaso de agua y dejada por treinta minutos, se formará como una gelatina sólida. Este gel o gelatina se crea debido a la fibra soluble que contiene. Investigadores creen que este mismo gel es el fenómeno que ocurre en el estómago cuando la comida contiene este tipo de fibra pegajosa conocida como mucílagos (Tosco, 2013).

El mucílago se encuentra en la epidermis del pericarpio de la semilla madura, al encontrarse en contacto con agua se fragmenta la capa superficial de células epidérmicas, lo que permite la salida de las fibras de mucílago que cubren la semilla. Al hidratarse el mucílago forma una capa transparente que rodea la semilla con gran fuerza, cuando varias semillas se hidratan forman una solución altamente estable y viscosa (Hernández y Miranda, 2008).

Según Hernández y Miranda (2008), el mucílago extraído de la semilla es una fuente potencial de hidrocoloides con propiedades funcionales importantes para la industria, tiene una alta capacidad de retención de agua, es un aditivo que cumple con las funciones de espesar, emulsificar y estabilizar, es altamente soluble en agua fría y/o caliente.

La información existente en cuanto a sus propiedades funcionales es reciente e indica que se trata de un polímero con acción espesante (Lin et al., 1994). También se destaca por sus propiedades gelificantes, control de la sinéresis, estabilización de emulsiones,

etc. (Phillips y Williams, 2000). La alta solubilidad y capacidad de retención de agua del mucílago de chía le confieren potencialidad como ingrediente funcional para ser utilizado en diferentes aplicaciones en la industria alimentaria (Capitani, 2013).

La ingesta de mucílago de chía, sólo o en combinación con la semilla, ha demostrado tener influencia en el metabolismo de lípidos, mediante la disminución de la absorción intestinal de ácidos grasos, colesterol y el arrastre de sales biliares, aumentando la pérdida de colesterol a través de las heces, además de inhibir la síntesis endógena de colesterol y la desaceleración de la digestión y la absorción de nutrientes. Además, como constituyente de la fibra dietética soluble, origina geles de alta viscosidad que producen enlentecimiento del vaciado gástrico y brinda sensación de saciedad (Hentry et al., 1990).

### **Extracción del mucílago de la semilla de chía**

La tecnología de extracción del mucílago de la semilla de chía, se refiere a los diferentes métodos de extracción reportados por autores que han estudiado este importante componente de la naturaleza. Entre los métodos más estudiados y reportados tenemos los siguientes:

**Método I, según Marín Flores et al. (2008),** refiere que el mucílago se obtiene siguiendo la técnica propuesta de Marín Flores et al., (2008) modificada y adaptada a las condiciones del laboratorio. Las semillas enteras de chía se remojan en agua (1:20 p/v), durante 1 hora, a temperatura ambiente, con agitación manual durante los primeros 15 minutos para lograr la completa hidratación de las semillas y evitar su aglomeración. El mucílago extraído se separa de las semillas por filtración a través de una malla comercial utilizando vacío de 220 mbar mediante una bomba. Luego se



congela a -20 °C durante 96 h y se liofiliza (-45 °C, 0,060 mbar, 45 µm de Hg. El mucílago seco debe ser molido hasta obtener un polvo fino.

**Método II, Capitani et al. (2013)** dice que el mucílago se obtiene remojando las semillas enteras de chía en agua (1:10 p/v), durante 4 horas, a temperatura ambiente, con agitación manual durante los primeros 15 minutos para lograr la completa hidratación de las semillas y evitar su aglomeración. Posteriormente, dicha mezcla se distribuye en bandejas de plástico (9 x 5 x 15 cm) en una capa de 1 cm de espesor, se cubren con papel aluminio, y se congela a -20 °C durante 96 horas y se liofiliza (-50 °C, 0,033 mbar, 25 µm Hg). Por último, el mucílago seco se separa de las semillas mediante un proceso de tamizado, en tres periodos de 15 minutos cada uno, previo a la separación manual de la mezcla de semillas y de mucílago liofilizado. El mucílago se guarda en frascos de plástico cerrados herméticamente y se almacenan en desecador para protegerlos de la humedad.

**Método III de Gowda (1984).**- Según Jiménez et al, (2015), el método de Gowda (1984), consiste en hidratar la semilla durante una hora a 37 °C, seguida de una agitación por 2 horas y el uso de solventes como acetona y etanol para la separación de dicho mucilago.

## **2.9. VITAMINA C**

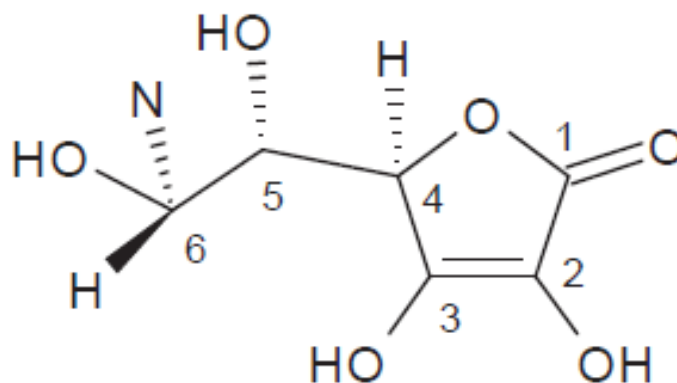
La vitamina C o ácido ascórbico también conocido como ácido cevilámico o antiescobúrico, es una sustancia de color blanco, hidrosoluble y termolábil, estable en su forma seca, pero en solución se oxida con facilidad, más aún si se expone al calor. Un pH alcalino (mayor a 7), el cobre y el hierro, también aceleran su oxidación. Su estructura química recuerda a la de la glucosa (en muchos mamíferos y plantas, esta vitamina se sintetiza a partir de la glucosa y galactosa). Se llama con el nombre de

vitamina C a todos los compuestos que poseen la actividad biológica del ácido ascórbico. (González, 1997).

La vitamina C se forma en el hígado y el riñón de la mayoría de los animales a partir de la glucosa. Su fórmula molecular es  $C_6H_8O_6$ . Actúa como donador de electrones o receptor de oxígeno para estabilizar otra molécula como por ejemplo el hierro haciéndolo más soluble y mejorando su absorción.

En los seres humanos se absorbe en el intestino a través de los mismos receptores de la glucosa para entrar a la célula.

Químicamente, el ácido ascórbico,  $C_6H_8O_6$  (2-ceto-L-threo-hexano-1,4-lactona-2,3-enediol), es considerado un azúcar ácido débil, por su relación estructural con hexosas como la glucosa (Figura 2) y la lactona de seis carbonos del ácido 2-ceto-Lglucónico.



**Figura 2.2**

***Estructura molecular del ácido L-ascórbico.***

Fuente: Badui (2006).

El uso fisiológico de la vitamina C tiene como objetivo alcanzar y mantener los valores normales de ácido ascórbico y tratar de prevenir una situación de deficiencia y como uso farmacológico tiene por objetivo conseguir cifras superiores a las normales para tener efectos en situaciones patológicas concretas. (González, 1997)

### **2.9.1. IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE VITAMINA C**

La vitamina C es indispensable tanto para la formación de la sustancia fibrilar intercelular en los tejidos de sostén (tejido conjuntivo y conectivo, huesos y cartílagos) como para lograr un mantenimiento y reparación adecuada de esos tejidos. Además, estimula las reacciones de defensa del cuerpo humano, (actividad fagocitaria de los leucocitos, sistema retículo-endotelial, y formación de todos los anticuerpos). Por estimular la producción de tejido conjuntivo, es esencial para que éste adquiera una estructura óptima (Al- ni et al., 2007).

La insuficiencia de vitamina C conduce al debilitamiento general del tejido conectivo y puede ocasionar lesiones que sin desembocar en escorbuto clínicamente diagnosticable, pueden lacerar a todos los tejidos del cuerpo y crear los cimientos para enfermedades graves. Por otra parte, una adecuada ingestión de vitamina C garantiza una óptima producción de colágeno, moléculas de fibra elástica y contribuye al desarrollo de un tejido conjuntivo resistente que fortalece y protege al cuerpo de las enfermedades. La insuficiencia de vitamina C produce alteraciones en los mecanismos de hidroxilación del aminoácido prolina y su conversión en hiroxiprolina, constituyente esencial de las fibras de colágeno, lo que da lugar a la insuficiente formación de colágeno en los tejidos conjuntivos, importante sustancia intercelular de los tejidos de sostén (Villanueva et al, 2010).

Por su capacidad para oxidarse con facilidad y transformarse en ácido dehidroascórbico y de reconvertirse a ácido ascórbico, actúa como mecanismo de oxidorreducción en todos los procesos celulares de óxido-reducción e interviene en la hidroxilación de las hormonas esteroideas (sobre todo en la corteza de las glándulas suprarrenales) y de los aminoácidos y, además, los protege de la acción de los radicales libres (Villanueva et al, 2010).

La vitamina C bloquea directamente varios radicales libres tales como componentes del humo y emanaciones de solventes presentes en alimentos, cosméticos y artículos de limpieza. No obstante, su acción más importante puede ser su efecto directo sobre otros antioxidantes. La vitamina C restaura a la enzima Glutatión, a la vitamina C y a la coenzima Q-10. Protegiendo así indirectamente a los tejidos pulmonares de la toxicidad del bióxido de nitrógeno, componente común de las emanaciones de los automóviles (Encina et al., 2007).

### **2.9.2. DEGRADACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO**

El ácido L-ascórbico o vitamina C es una sustancia muy soluble en agua que posee propiedades ácidas y fuertemente reductoras, debido a su estructura de enodiol conjugado con el grupo carbonilo de una lactona, por lo que es una molécula muy sensible a diversas formas de degradación. La degradación del ácido ascórbico se realiza sin la presencia de grupos amino a pH ligeramente ácido, con  $a_w$  media/alta y temperatura moderada. Sigue tanto una vía oxidativa como no oxidativa produciendo ambas diversos compuestos como furfural, 3-hidroxi-2-pirona, ácido 2-furancarboxílico, ácido acético y 2-acetilfurano. Algunas de estas sustancias contribuyen al aroma de ciertos alimentos como es el caso de las patatas (Badui, 2006).

La estabilidad del ácido ascórbico es afectada por diversas condiciones ambientales, tales como, la luz, el oxígeno, la actividad de agua y la temperatura, porque ésta vitamina es la más sensible a los factores mencionados (Fennema, 2008).

Los estudios realizados para determinar la cinética de pérdida de vitamina C se ajustan a una ecuación de primer orden, cuya constante de degradación, está regida por el modelo de Arrhenius. La constante de degradación es específica para cada producto y es necesario determinarla experimentalmente. (Alvarado, 2006)

### **2.9.3. FUENTES NATURALES DE VITAMINA C**

#### **Fuentes de origen vegetal**

Mientras que las plantas son generalmente una buena fuente de vitamina C, depende de la cantidad en los alimentos de origen vegetal: la variedad precisa de la planta, la condición del suelo, el clima en el que creció, la longitud de tiempo desde que fue elegido, las condiciones de almacenamiento y el método de preparación (Gonzales, 1997)

#### **Fuentes de origen animal**

La inmensa mayoría de especies de animales y plantas pueden sintetizar su propia vitamina C, algunas son fuentes, pero no todos los productos de origen animal son fuentes de vitamina C. La vitamina C está más presente en el hígado y menos presente en el músculo. Desde músculo proporciona la mayoría de la carne consumida en la dieta humana occidental, los productos de origen animal no son una fuente confiable de la vitamina. La vitamina C está presente en la leche materna y en menores cantidades, en leche cruda de vaca, con leche pasteurizada que contiene sólo trazas. Todo exceso de vitamina C se eliminan mediante el sistema urinario (Gonzales, 1997).

La vitamina C se descompone químicamente bajo ciertas condiciones, muchas de las cuales pueden ocurrir durante la cocción de alimentos. Las concentraciones de vitamina C en diversas sustancias alimenticias disminuyen con el tiempo proporcional a la temperatura que se almacenen y en cocción puede reducir el contenido de vitamina C de verduras por alrededor de 60 %. Investigaciones también han demostrado que frutas recién cortadas no pierden nutrientes importantes cuando se almacena en el refrigerador durante unos días. (González, 1997).

## **2.10. COLOR**

El color es una respuesta mental o de percepción del espectro visible de la luz que es reflejada o emitida por un objeto, dicha señal de respuesta interactúa con la retina ubicada en el ojo y se transmite al cerebro por el nervio óptico, esta acción hace que los humanos asignen los colores a esta señal (Wu & Sun, 2013). El ojo percibe como una antena receptora debido a las células gliales y fotorreceptores llamados bastones y conos, que se ubican en la retina, que reciben y transmiten en forma de impulsos eléctricos la información al cerebro logrando traducir la sensación de color (Castañeda, 2005).

El color como sustancia, no existe, es un efecto óptico en el que intervienen procesos fisiológicos, físicos y químicos (Castañeda, 2005). Por lo tanto, el color no es una propiedad intrínseca o propia del objeto, ya que si se cambia la fuente de luz, el color del objeto también cambia (Wu y Sun, 2013). La sensación de color depende de factores como: el objeto, el observador e iluminante, la geometría, el área, superficie, brillo, temperatura, entre otros (Castañeda, 2005; Delmoro *et al.*, 2010; Wu & Sun, 2013).

Los pigmentos responsables de los colores que se observan están presentes en organismos vivos, principalmente en las plantas, encontrándose en hojas, frutas, verduras y flores, igualmente se encuentran en la piel, ojos y diferentes estructuras de origen animal, además en bacterias y hongos (Delgado-Vargas, Jiménez, & Paredes-López, 2000).

#### **2.10.1. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL COLOR**

La apariencia de los productos alimentarios o no alimentarios, permite detectar tanto calidad, como anomalías y defectos, industrias como la textil, de papel, automóviles, medicamentos y alimentos tienen al color como indicador de calidad (Delmoro *et al.*, 2010).

La medición de estas propiedades de frutas y alimentos adquiere más importancia en la industria alimentaria (Abdullah & Choji, 2009), el color es un parámetro para realizar clasificaciones de productos, evaluación de materias primas, control de procesos y características específicas de ciertos alimentos (Delmoro *et al.*, 2010), además los resultados de estas mediciones lograrán indicar el manejo adecuado de los alimentos o materias primas para obtener la máxima calidad del producto final (Abdullah y Choji, 2009).

Los derivados del tomate como la pasta, puré, salsa y jugo, requieren un control estricto del color, además se debe cumplir con los requisitos y recomendaciones en cuanto a medición instrumental del color de productos derivados del tomate (Hunter Associates Laboratory Inc, 2014).

Existen dos métodos básicos de medición del color, el sensorial y el instrumental. El método sensorial utiliza un panel de consumidores o panel sensorial entrenado para evaluar visualmente el color (Delmoro *et al.*, 2010; Novoa & Ramírez Navas, 2012).

El segundo método es el instrumental, que consiste en el uso de técnicas que miden la reflectancia o transmitancia de las muestras y se apoyan en equipos especializados como espectrofotómetros o colorímetros triestímulos (Delmoro *et al.*, 2010).

#### **2.10.2. COLORIMETRÍA**

La colorimetría es la ciencia que estudia la medición del color desarrollando los métodos para su cuantificación (Santos, 2009), estos métodos se basan específicamente en la geometría y distribuciones espectrales de tres elementos: la fuente de luz, la reflectividad de la muestra y la sensibilidad visual del observador (Otles, 2008). Esta ciencia transforma la percepción sensorial en números, logrando medir, comparar y reproducir los diferentes colores (Santos, 2009).

Los elementos importantes de la colorimetría se definieron desde 1931 por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) y ha sido mejorado a través del tiempo. Inicialmente dichas condiciones fueron: la simulación de la percepción humana del color en un campo de 2° y colores primarios de ajuste (rojo, verde y azul) (Otles, 2008). Para lograr la representación de los colores, la CIE definió diferentes modelos de color, los cuales son fórmulas matemáticas abstractas que logran describir esa representación. Los modelos de color más conocidos son el RGB (sigla en inglés de red, green, blue, en español «rojo, verde y azul») y el CMYK (siglas de Cyan, Magenta, Yellow y Key), sin embargo, al ser modelos abstractos no sirven para describir un color específico sin haber definido inicialmente la escala o referencia (International Commission on Illumination, 2004). La CIE como entidad principal de la determinación del color, definió varios sistemas de descripción de colores y ha desarrollado varios conceptos que determinan los procedimientos utilizados actualmente (Otles, 2008).



### **2.10.3. MODELO DE COLOR**

Se define modelo de color como la representación digital de los posibles colores contenidos en una muestra. Son sistemas de medición de color que pueden ser percibidas por el ojo humano y consiste en un proceso en el cual se combinan diferentes como el conjunto de colores primarios. Los modelos típicos de color están basados en 3 o 4 componentes de color y se dividen en 3 categorías representadas en el Tabla 3 (Noor, Mokhtar, Rafiqul, & Pramod, 2012; Wu & Sun, 2013):

Los modelos orientados a los dispositivos se enfocan en el procesamiento como la adquisición, almacenamiento y visualización de imágenes, son utilizados ampliamente ya que pueden detectar variaciones de color muy pequeñas, considerando esto, se considera popular en la evaluación de cambios de color en productos alimenticios durante procesamiento, almacenamiento, efecto de temperaturas, entre otros. Los espacios orientados a los observadores humanos corresponden a los conceptos de tinte, sombra y tono en base a características de color intuitivas. En referencia a los métodos o espacios de color independientes del dispositivo, muchos de éstos han sido estandarizados por la “Commission Internationale d'Eclairage” (Comisión Internacional de la Iluminación - CIE) considerando valores estándar en cuanto a iluminantes, observadores y la metodología espectral (Wu & Sun, 2013).

**Tabla 2.2.**

***Clasificación de los modelos de color de acuerdo a tres categorías principales***

| <b>Categoría de los Modelos</b> | <b>Característica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Modelos</b>                               |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Orientados a dispositivos       | Son modelos de color dependientes del dispositivo que se relaciona y se ven afectados por la señal del dispositivo, como resultado el color se ve afectado por las herramientas utilizadas para la visualización. Ejemplos: dispositivos de hardware que se usan para la percepción de la visión humana como la televisión o sistemas de video. | RGB, CMY(K), YIQ, YUV, YCbCr, HSI, HSV, HSL. |
| Orientados al usuario           | Son modelos que permiten al usuario describir y aproximarse a las percepciones de la presentación del color, se considera un camino entre el observador y el dispositivo de medición.                                                                                                                                                           | HSI, HSV, HSL                                |
| Independientes del dispositivo  | Son modelos en los que el color no se ve afectado por las propiedades del dispositivo de medición, no interfiere el desempeño del dispositivo.                                                                                                                                                                                                  | Munsell, CIE XYZ, CIE LUV, CIE Lab.          |

Fuente: Noor *et al.* (2012); Wu & Sun, (2013)

## **2.11. CALIDAD COMERCIAL DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO**

**Zavala (2011)** indica que la **Calidad composicional**, es la condición que hace referencia a las características físico-químicas. Su valoración en el caso de la leche por ejemplo, se realiza por sólidos totales, proteína y grasa, y se expresa en porcentaje; **Calidad organoléptica**, es la referida a la evaluación de los órganos de los sentidos del consumidor: olor, sabor, textura y color de los alimentos. **Calidad higiénica**, es la condición que hace referencia al nivel de higiene mediante la cual se obtiene y manipula el alimento. Su valoración, en el caso de la leche, se realiza por el recuento total de bacterias y se expresa en unidades formadoras de colonia por mililitro; **Calidad sanitaria**, es la condición que hace referencia, en el caso de la leche por

ejemplo, a la vacunación de los animales (tuberculosis, fiebre aftosa y brucela) y la inscripción y certificación del hato libre de brucelosis y tuberculosis; el nivel de células somáticas, que es una medida de las condiciones sanitarias en que se ha producido la leche en un establo. **Calidad nutricional**, se refiere a la capacidad que tiene para reponer los nutrientes necesarios para las diferentes funciones y demandas metabólicas y productivas que tienen los seres humanos en todas y cada una de sus actividades y etapas de la vida. **Calidad tecnológica**. Los requerimientos de calidad tecnológica de la materia prima, en todos los alimentos procesados, son específicos para cada producto y llegan al extremo de variar de acuerdo a los equipos que posee cada industria en particular y en función de la habilidad del operador de cada máquina. Por ejemplo, el tomate para el consumo en fresco es valorado fundamentalmente por su uniformidad, madurez y ausencia de defectos, mientras que la calidad tecnológica para producir concentrados de tomate y el Ketchup está dada por el color, la viscosidad y el rendimiento industrial. La calidad comercial de un producto alimenticio se relaciona con las Normas técnicas, exigencias del mercado y seguridad que satisfaga explícita e implícitamente en la mente del consumidor.

## **2.12. ANÁLISIS SENSORIAL**

Es una ciencia multidisciplinaria en la que participan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos (Elías et al. 1992).

A su vez, Heymann y Lawless (2010) explican que la evaluación sensorial está comprendida por un conjunto de técnicas que sirven para la medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente que pueden sesgar la identidad de la marca y otras influencias de la información sobre la percepción del consumidor. También estos autores alegan que los principios y prácticas de la evaluación sensorial envuelven cuatro actividades principales:

**a. Preparar y servir las muestras bajo condiciones controladas con la finalidad de minimizar cualquier factor que puede sesgar la prueba:** Por ejemplo, las muestras deben estar rotuladas de manera aleatoria, las muestras deben ser entregadas a los diferentes panelistas en diferente orden y deben existir procedimientos estandarizados como temperatura, volumen, espaciado de tiempo, etc.

**b. La medida:** La evaluación sensorial es una ciencia cuantitativa en la cual es recolectada data numérica a manera de establecer una real y específica relación entre el producto y la percepción humana.

**c. El análisis:** El adecuado análisis de la data es una de las partes más críticas de las pruebas sensoriales. Pueden existir diferentes fuentes de variación en las respuestas humanas que no logran ser totalmente controladas en las pruebas. Por ejemplo, los ánimos y motivación de los panelistas, su innata sensibilidad psicológica en la estimulación sensorial, y la historia pasada o familiaridad con productos similares.

**d. La interpretación de los resultados:** Debido a que la evaluación sensorial es un experimento, los datos y la información estadística sólo son útiles cuando la interpretación se da en el contexto de la hipótesis, los conocimientos previos e implicaciones para las decisiones.

Un buen científico en el campo sensorial debe estar preparado en estas cuatro fases, ellos deben comprender los productos, las personas como instrumentos de medición, análisis estadístico e interpretación de la data en contexto con el objetivo de la investigación.

### 2.13. TIPO DE PRUEBAS SENSORIALES

Según Barcina e Ibáñez (2001), en el análisis sensorial existen básicamente tres grandes tipos de pruebas. Cada una de ellas persigue diferentes objetivos y recurre a participantes seleccionados según distintos criterios. Un resumen de estas pruebas se esquematiza en la Tabla 2.3. Así mismo, para saber el tipo de prueba que se debe seleccionar conviene utilizar los llamados arboles de decisión.

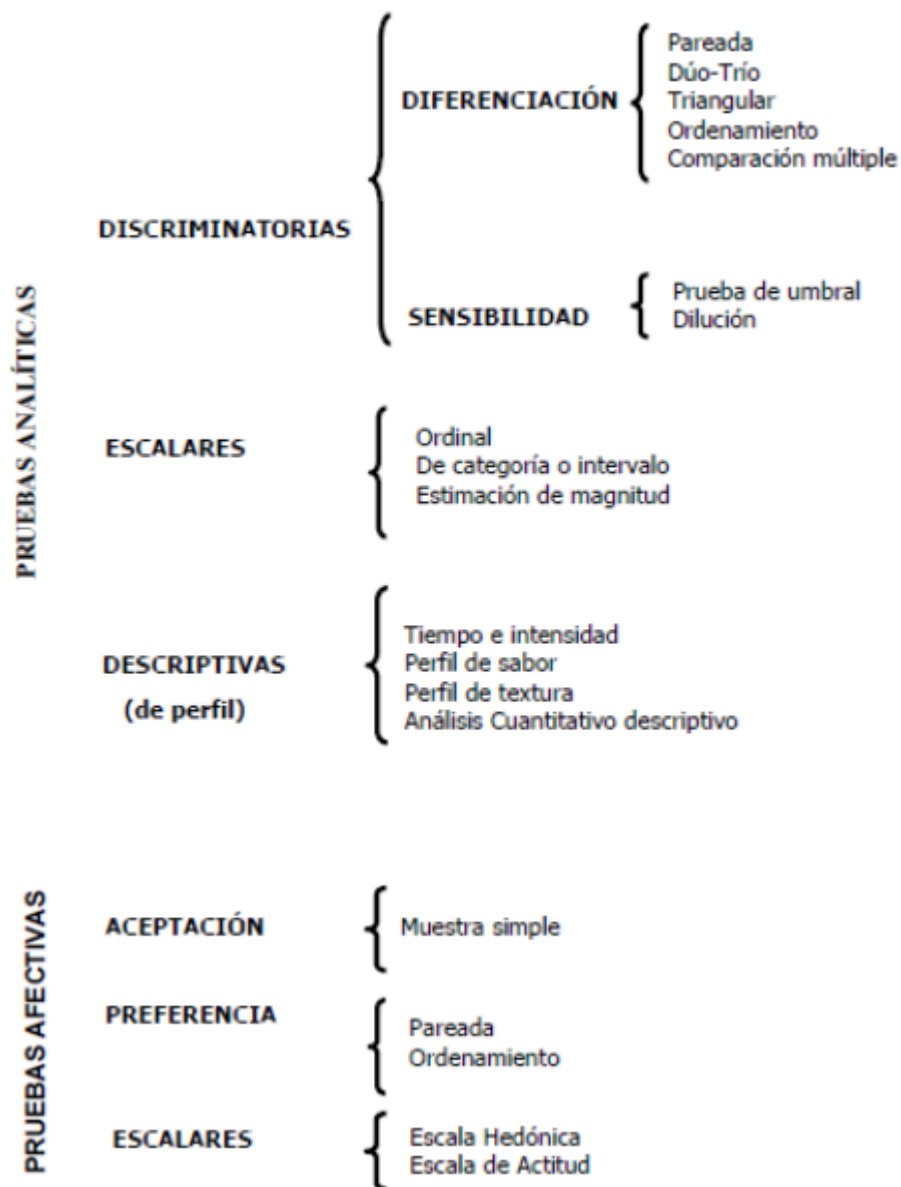
**Tabla 2.3.**

***Tipos básicos de pruebas en el análisis sensorial aplicado a los alimentos***

| <b>TIPO DE PRUEBA</b>    | <b>PREGUNTA PRINCIPAL</b>                                                                                      | <b>CARACTERÍSTICAS DEL PANEL SENSORIAL</b>                                                             |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Afectivas Hedónicas      | ¿Gustan o disgustan los productos?                                                                             | Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, son personas no entrenadas                 |
| Afectivas de Preferencia | ¿Qué productos son los preferidos?                                                                             |                                                                                                        |
| Discriminativas          | ¿Son diferentes los productos?                                                                                 | Seleccionados por su agudeza sensorial, orientados al tipo de prueba y, eventualmente, entrenados.     |
| Descriptivas             | ¿Qué atributos caracterizan al producto?<br>¿En qué difieren los productos?<br>¿Cuánto difieren los productos? | Seleccionados por su agudeza sensorial y motivada, las personas son entrenadas o altamente entrenadas. |

Fuente: Barcina e Ibáñez (2001).

Por otro lado, Espinoza (2007) indica que las pruebas se dividen en dos grandes grupos: Pruebas analíticas y Pruebas afectivas. En la Figura 2.3., se esquematiza la clasificación de las pruebas sensoriales:



**Figura 2.3**

***Clasificación de pruebas sensoriales.***

FUENTE: Tomado de Espinoza (2007)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. EJECUCIÓN**

La investigación se realizó en los laboratorios de Procesos Agroindustriales y Biotecnología Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho. La parte experimental se desarrolló desde abril a junio del 2018.

#### **3.2. MATERIALES, EQUIPOS, REACTIVOS E INSUMOS**

##### **3.2.1. MATERIA PRIMA**

El fruto del Aguaymanto procedente de Huamanguilla, se adquirió en el Mercado Nery García Zarate del distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Región Ayacucho. Las mismas se conservaron en envases de cartón en un ambiente fresco, sombreado y ventilado hasta el momento de la realización del trabajo en laboratorio. Como cobertores comestibles se utilizó el gel de Aloe vera y mucílago de semilla de chía.

##### **3.2.2. MATERIALES DE VIDRIO Y OTROS**

- ✓ Balones de digestión.
- ✓ Bureta 25 y 50 mL.
- ✓ Coladera de plástico.

- ✓ Crisoles de porcelana.
- ✓ Cucharas.
- ✓ Cuchillos de acero inoxidable.
- ✓ Embudo de plástico.
- ✓ Embudo de porcelana.
- ✓ Envases de vidrio.
- ✓ Erlenmeyer 250; 500 mL.
- ✓ Fiolas de 50 mL y 100 mL.
- ✓ Lunas de reloj.
- ✓ Matraces Kitazato de 100 y 250 mL.
- ✓ Papel filtro Watman N° 2.
- ✓ Pinza de metal.
- ✓ Pipetas volumétricas de 1; 5; 10 mL.
- ✓ Pizeta.
- ✓ Placas petri.
- ✓ Vasos de plástico.
- ✓ Probetas de 50 y 100 mL.
- ✓ Tela muselina sintética.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Varillas de vidrio.
- ✓ Vasos de precipitado 50; 100; 250; 600 mL.
- ✓ Desinfectante
- ✓ Vaso de precipitado de vidrio de 500 ml
- ✓ Probeta de 100 ml
- ✓ Densímetro



✓ Micrómetro.

✓ Vagueta

### **3.2.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

✓ Balanza analítica AND, modelo HR-200, capacidad máxima 210 g

✓ Centrifuga

✓ Cocina eléctrica.

✓ Cronómetro.

✓ Cubetas para espectrofotómetro.

✓ Embudos de vidrio

✓ Equipo completo de extractor Soxhlet

✓ Equipo de titulación.

✓ Equipo Kjeldhal

✓ Fiolas de 100 mL

✓ Micropipetas, tips (1000 y 200  $\mu$ L)

✓ Mufla de calcinación con capacidad de 0-1200 °C, marca MLW con calibración electrónica digital.

✓ pH.metro

✓ Refractómetro 0-32°Brix

✓ Tubos de ensayo, gradilla

✓ Vasos de precipitado

✓ Espátula

✓ Papel de filtro Wattman N° 5

✓ Bagueta de vidrio

✓ Lunas de reloj

- ✓ Embudo de porcelana
- ✓ Estufa eléctrica VWR, modelo 1320-2.
- ✓ Agitador magnético CAT, modelo M 6.1.
- ✓ Espectrómetro Thermo Scientific Genesis 10S BIS.

#### **3.2.4. INSUMOS Y REACTIVOS**

- ✓ 2,6-Diclorofenolindofenol.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ NaOH 0,1 N.
- ✓ Indicador fenolftaleína.
- ✓ Ácido oxálico al 0,5%.
- ✓ Solución de ácido ascórbico 0,1%
- ✓ Carboximetilcelulosa (CMC)

#### **3.2.5. SOFTWARE**

- ✓ Microsoft Excel XP
- ✓ IBM SPSS statistics 24

### **3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **3.3.1. Materia prima**

- ✓ Análisis proximal, de acuerdo a las recomendaciones de la AOAC (2012).
- ✓ Fisicoquímico incluido el biométrico (Forma, tamaño, peso y color). Según la Norma del Codex para la uchuva (Codex Stan 226-2001, emd. 1-2005).

Las características biométricas, se efectuaron con la ayuda de un vernier, caracterizando de acuerdo a la clasificación brindada por la norma del Codex para la uchuva (Codex Stan 226-2001, emd. 1-2005). Este procedimiento se

realizó con la finalidad de caracterizar la materia prima en cuanto a forma, tamaño, peso y color.

### 3.3.2. Producto final

- ✓ Calidad comercial:
- Fisicoquímico (Forma, tamaño, peso, color, pH, °Brix y ácido ascórbico).

La determinación del ácido ascórbico, se realizó por el método espectrofotométrico basado en la reducción del colorante 2,6 Dicloroindofenol, a una longitud de onda de 520 nm planteada por Al-Ani, Opara, Al-Bahri y Al-Rahbi (2007). La cuantificación del color, se realizará por el método del colorímetro (Gilabert, 2002).

Solución madre de ácido ascórbico 0.1% en solución ácido oxálico: Pesar 100mg de ácido ascórbico y llevar a volumen de 100 ml con agua destilada.

Solución de 2,6 Dicloroindofenol: Pesar 12 mg de 2-6 DFIF (120 ppm), disolver y llevar a 100 ml de volumen con agua destilada. Emplear agua destilada hirviente. Almacenar en botella de color oscuro y en refrigeración

#### Curva de calibración

Empleando el método modificado por Villanueva et al. (2010), se hará reaccionar 100 µL de solución de trabajo (25 hasta 200 µg/mL), con 900 µL de 2,6 diclorofenolindofenol, registrándose la absorbancia a 515 nm, obteniéndose la absorbancia final con la siguiente ecuación:

$$A_{515\text{ nm}} = A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}$$

Donde la Absorbancia control fue obtenida por la reacción de 100 µL de ácido oxálico al 0,5 %, con 900 µL de 2,6 diclorofenolindofenol.

### **Preparación de muestras**

Extraer 200 ml de jugo de la muestra problema por el método de estrujado, filtrar y clarificar con la centrifuga a 10000 rpm por 15 minutos.

Proceder como se señaló en el ítem anterior, pero en lugar de estándar de trabajo se usa la muestra problema (si fuera necesario hacer una dilución que permita tener medidas dentro del rango de medida de la curva estándar).

#### ▪ **Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de aceptabilidad se realizó con una escala hedónica de 7 puntos, donde los panelistas semientrenados, previamente seleccionados, evaluaron los atributos color y sabor.

En Tabla 3.1, se muestra Escala hedónica para la evaluación sensorial de aceptabilidad, adaptado a las condiciones del trabajo de investigación propuesto.

En el Anexo 1, se presenta la Ficha de evaluación sensorial de la aceptabilidad del aguaymanto fresco, que se utilizó para determinar el nivel de aceptabilidad con respecto a los atributos color y sabor.

Los datos de la evaluación sensorial fueron analizados estadísticamente a través de la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación  $\alpha = 5\%$  y su correspondiente prueba de clasificación de tratamientos (Sotomayor, 2008).

**Tabla 3.1**

**Escala hedónica para la evaluación sensorial de aceptabilidad**

| <b>Valor</b> | <b>Aceptabilidad</b> |                                                 |
|--------------|----------------------|-------------------------------------------------|
|              | <b>Sabor</b>         | <b>Color</b>                                    |
| 7            | Excelente sabor      | Exactamente igual al color característico       |
| 6            | Muy buen sabor       | Muy buena similitud con el color característico |
| 5            | Buen sabor           | Buena similitud con el color característico     |
| 4            | Regular sabor        | Presenta algunas características del color      |
| 3            | Me disgusta un poco  | Se aleja del color característico               |
| 2            | Me disgusta          | Lejos del color característico                  |
| 1            | Me disgusta mucho    | Muy oscuro, no característico                   |

Fuente: Adaptado de Sotomayor (2008).

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

Suma de los rangos de cada condición (tratamiento).

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

Cálculo del estadístico de la prueba ( $T_2$ ).

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

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

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

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

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

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

Para las múltiples comparaciones los criterios de decisión son:

$|R_i - R_j| > F$  se rechaza la *H<sub>0</sub>*

$|R_i - R_j| \leq F$  se acepta la *H<sub>0</sub>*

### 3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación aplicada. Se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos en conservación y calidad comercial del aguaymanto fresco.

### 3.5. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

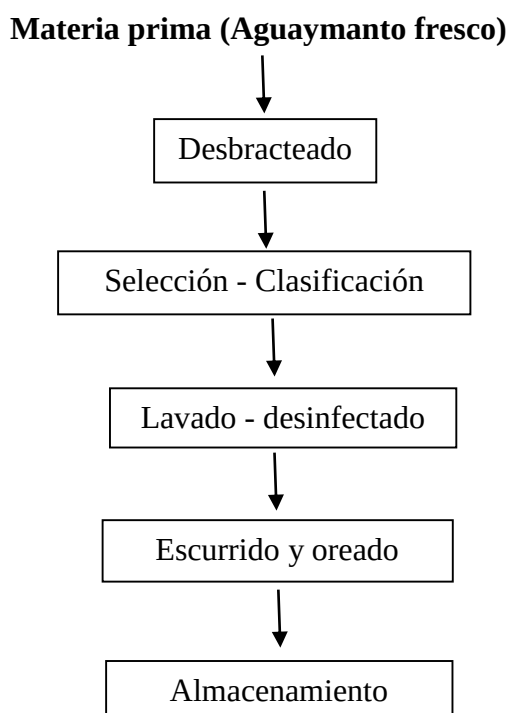
El nivel o tipo de investigación es Explicativo o de Causa-Efecto, pues tiene como propósito medir la influencia que tienen las variables independientes “Tiempo de conservación, temperatura y recubrimiento comestible y empaque” en las variable dependiente “Calidad comercial” del aguaymanto fresco.

Las interacciones de cada una de las variables, es fundamental para determinar cómo influyen en el nivel de conservación de la materia prima.

### 3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.6.1. TRATAMIENTO DEL AGUAYMANTO FRESCO

Se realizó todo el tratamiento poscosecha del aguaymanto, teniendo en cuenta su procedencia. En la Figura 3.1, se presenta las operaciones en la preparación del aguaymanto previo a los tratamientos experimentales.



***Figura 3.1***

***Operaciones en la preparación del Aguaymanto previo a los tratamientos experimentales***

#### 3.6.2. TRATAMIENTO DEL GEL DE SÁBILA

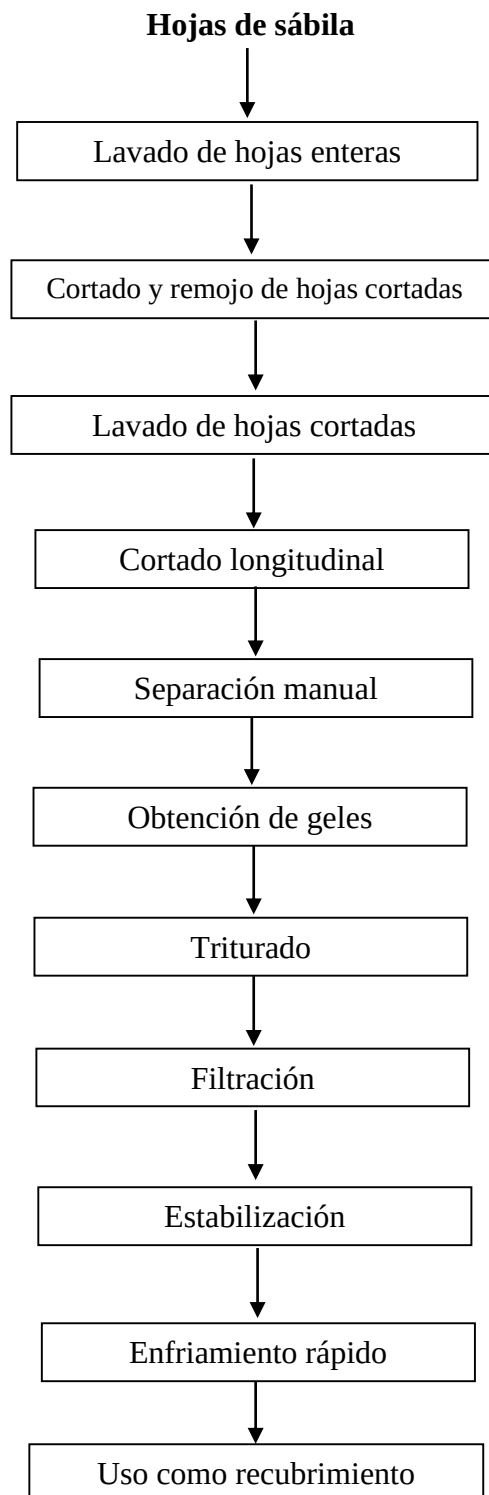
Una vez recogidas las muestras procedentes del distrito de Huamanguila, adquirido en el del Mercado Nery García Zárate del distrito de Ayacucho, se llevaron inmediatamente al Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Facultad de

Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Una vez allí se realizaron las operaciones que se muestran en la Figura 3.2. Se remojó las hojas cortadas en agua hervida fría durante 24 horas. El lavado de las hojas cortadas de Aloe vera se realizó en un baño con agua e hipoclorito sódico (100 ppm) durante 5 minutos, para así eliminar microorganismos y restos de materia orgánica proveniente del campo y del mercado. Una vez que las hojas estuvieron lavadas y secadas, se pesaron individualmente para posteriormente, obtener los rendimientos de piel y pulpa.

A continuación, se realizó la separación de la piel y la pulpa. Para esto se empleó un cuchillo afilado con el que se cortaron las hojas longitudinalmente sobre una bandeja de gran tamaño y, seguidamente, con una cuchara, se raspó suavemente el mucílago hasta quedar completamente separado del parénquima cortical o piel.

Posteriormente, se pesaron de forma individual la piel y la pulpa obtenidas de cada hoja, con el fin de poder obtener los rendimientos de piel y pulpa. Se continuó cortando la pulpa obtenida, tras la separación de las partes de la hoja, en trozos muy pequeños para facilitar el posterior triturado en una licuadora. Tras el triturado se realizó el filtrado de la pulpa. Una vez hecho esto, ya se pudo realizar la caracterización de sólidos solubles, acidez y pH. Una vez concluidas dichas determinaciones se siguieron dos procedimientos distintos: por un lado, el gel de Aloe vera obtenido se almacenó en refrigeración para su utilización como recubrimiento comestible. Los geles de aloe se estabilizaron con ácido cítrico, hasta alcanzar un pH de 3,7; y un tratamiento térmico que consistió en introducir los geles de aloe en una olla de acero inoxidable a 70 °C durante 1 minuto.





**Figura 3.2**

***Diagrama de flujo del proceso de obtención y estabilización de los geles de Aloe vera***



***Fotografía 3.1***

***Izquierda: Hojas de sábila. Derecha: Obtención del gel de sábila***

### **3.6.3. EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE CHÍA**

Para la extracción del mucílago de la semilla de chía se realizaron las siguientes operaciones:

**Selección.-** Se separaron las semillas dañadas y las impurezas contenidas en las muestras de semillas de chía.

**Clasificación.-** Se separaron las semillas por su color. Las semillas de tamaño uniforme y de variedad negra fueron seleccionadas para continuar con la siguiente operación, mientras que las semillas de color blanco y se descartaron. Se determinó el peso inicial para tomarlo como referencia en el rendimiento en la extracción del mucílago.

**Dilución.-** Se utilizó la proporción semilla/agua equivalente de 1:50 p/v (50 g de semilla disuelto en 2500 mL de agua).

**Hidratación – agitación.-** La dilución preparada en la etapa anterior, se llevó a Baño María a la temperatura de 50 °C por un tiempo de 60 minutos.

**Filtrado.-** Se realizó en un embudo de porcelana y tela muselina sintética, ejerciendo vacío, con la finalidad de separar las semillas del mucílago.

**Envasado.-** En bolsas de polietileno de alta densidad con sello hermético.

**Uso como recubrimiento.-** Según los tratamientos planificados en el Diseño experimental, el mucílago fue utilizado como cobertor del aguaymanto fresco.

### **3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El diseño de investigación corresponde a los experimentos puros, debido a que se manipularan variables independientes para ver sus efectos sobre variables dependientes en una situación de control (Sampieri et al., 2010).

Con el propósito de establecer la influencia del tiempo, temperatura y recubrimiento comestible en la calidad comercial del aguaymanto, se consideró aplicar un Diseño completo al azar con arreglo factorial (Tres factores 3A2B3C: 3 niveles de A por 2 niveles de B y 3 niveles de C). La respuesta experimental es la calidad comercial del aguaymanto (Ver Tabla 3.2).

Se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico SPSS versión 24.

#### **3.7.1. VARIABLES E INDICADORES**

##### ***Variables independientes***

X<sub>1</sub>: Tiempo de almacenamiento

##### ***Indicadores***

- X<sub>11</sub>: 7 días

-  $X_{12}$ : 14 días

-  $X_{13}$ : 21 días

**Tabla 3.2**

***Diseño experimental***

| Tiempo<br>(Días) | Temperatura<br>(°C) | Recubrimiento<br>comestible | Variable respuesta<br>(Y <sub>ijk</sub> ) | Tratamiento<br>(T <sub>i</sub> ) |
|------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|
| $\theta_1$       | T1                  | RC1                         | Y111                                      | T1                               |
|                  |                     | RC2                         | Y112                                      | T2                               |
|                  |                     | RC3                         | Y113                                      | T3                               |
|                  | T2                  | RC1                         | Y121                                      | T4                               |
|                  |                     | RC2                         | Y122                                      | T5                               |
|                  |                     | RC3                         | Y123                                      | T6                               |
| $\theta_2$       | T1                  | RC1                         | Y211                                      | T7                               |
|                  |                     | RC2                         | Y212                                      | T8                               |
|                  |                     | RC3                         | Y213                                      | T9                               |
|                  | T2                  | RC1                         | Y221                                      | T10                              |
|                  |                     | RC2                         | Y222                                      | T11                              |
|                  |                     | RC3                         | Y223                                      | T12                              |
| $\theta_3$       | T1                  | RC1                         | Y311                                      | T13                              |
|                  |                     | RC2                         | Y312                                      | T14                              |
|                  |                     | RC3                         | Y313                                      | T15                              |
|                  | T2                  | RC1                         | Y321                                      | T16                              |
|                  |                     | RC2                         | Y322                                      | T17                              |
|                  |                     | RC3                         | Y323                                      | T18                              |

**$X_2$ : Temperatura de almacenamiento**

***Indicadores***

-  $X_{21}$ : Temperatura ambiente (20 °C)

-  $X_{22}$ : Temperatura de refrigeración (7 °C)

**$X_3$ : Recubrimiento comestible (RC)**

### ***Indicadores***

- X<sub>31</sub>: Mucílago de chía (RC1).
- X<sub>32</sub>: Gel de sábila (RC2)
- X<sub>33</sub>: Mucílago de chía y Gel de sábila (RC3)

### ***Variable dependiente***

- Y<sub>1</sub>: Calidad comercial

### ***Indicadores***

- Y<sub>11</sub>: Características Fisicoquímicas (Forma, tamaño, peso, color, pH, °Brix y ácido ascórbico)
- Y<sub>12</sub>: Características sensoriales (Sabor y color)

## **3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### **3.8.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUAYMANTO FRESCO**

Comprendieron dos de caracterizaciones: la biométrica y la fisicoquímica propiamente dicha. Para las mediciones biométricas, se tomaron al azar 30 frutos de aguaymanto, y con la ayuda de un vernier se efectuaron las mediciones, caracterizando de acuerdo a la clasificación brindada por la norma del Codex para la uchuva (Codex Stan 226-2001, emd. 1-2005). Este procedimiento se realizó con la finalidad de caracterizar la materia prima en cuanto a forma, tamaño, peso y color.

En lo que respecta a la caracterización fisicoquímica, estuvo enfocado en ensayos fisicoquímicos del aguaymanto fresco, donde se determinó su composición proximal, de acuerdo a las recomendaciones de la AOAC (2012).

La determinación del ácido ascórbico, se realizó por el método espectrofotométrico basado en la reducción del colorante 2,4-dinitrophenylhydrazine, a una longitud de

onda de 520 nm planteada por Al-Ani, Opara, Al-Bahri y Al-Rahbi (2007). La cuantificación del color, se realizará por el método del colorímetro (Gilabert, 2002).

### **3.8.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO, TEMPERATURA Y RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN LA CALIDAD COMERCIAL DEL AGUAYMANTO FRESCO**

Se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento (7, 14 y 21 días), temperatura de almacenamiento (20°C y 7°C) y del recubrimiento comestible (mucílago de chía, gel de sábila y una mezcla equitativa mucílago de chía y gel de sábila) en la calidad comercial del aguaymanto fresco.

La calidad comercial del aguaymanto fresco se evaluó teniendo en cuenta lo siguiente:

**Características fisicoquímicas.-** Forma, tamaño, peso, color, pH, °Brix y ácido ascórbico.

**Características sensoriales.-** Sabor y color. Se aplicó la Prueba afectiva con el objetivo de determinar la aceptabilidad de consumo del producto, mediante la Prueba hedónica (ver Tabla 3.1).

La investigación se desarrolló de acuerdo al Diseño experimental (Tabla 3.2). Es decir, se realizaron los 18 tratamientos, y se evaluaron el efecto de los tiempos y temperatura de almacenamiento y recubrimiento comestible en la calidad comercial del aguaymanto fresco.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUAYMANTO FRESCO

En la **Tabla 4.1**, se presenta el resumen de los resultados por triplicado de los análisis y determinaciones fisicoquímicas del aguaymanto fresco.

**Tabla 4.1**  
*Componentes físico químicos del aguaymanto fresco*

| Componentes                                   | Cantidad          |
|-----------------------------------------------|-------------------|
| Humedad (g/100g de muestra)                   | 80,20 $\pm$ 0,030 |
| Cenizas (g/100g de muestra)                   | 0,90 $\pm$ 0,020  |
| Grasa (g/100g de muestra)                     | 0,099 $\pm$ 0,006 |
| Proteína (g/100g de muestra)                  | 0,94 $\pm$ 0,020  |
| Fibra Cruda (g/100g de muestra original)      | 4,21 $\pm$ 0,020  |
| Carbohidratos (g/100g de muestra)             | 17,86 $\pm$ 0,020 |
| Vitamina C (mg/100g muestra)                  | 26,36 $\pm$ 0,015 |
| Sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix)           | 14,38 $\pm$ 0,070 |
| %Acidez (g ác. cítrico/100 g muestra)         | 1,63 $\pm$ 0,026  |
| Índice de madurez ( $^{\circ}$ Brix/% Acidez) | 8,82 $\pm$ 0,098  |
| pH                                            | 3,55 $\pm$ 0,010  |

Al apreciar en los componentes de la **Tabla 4.1**, se deduce rápidamente que la importancia del aguaymanto se centra en sus contenidos de vitamina C y fibra que son significativos en esta fruta.

Entre los componentes más vinculados a la investigación encontramos al contenido humedad que fue de  $80,20 \pm 0,030$  %; de vitamina C igual a  $26,36 \pm 0,015$  mg/100 g muestra. Otro componente esencial es el contenido de sólidos solubles de  $14,38 \pm 0,070$  °Brix; estas características y componentes determinados nos permitieron tener una línea base de la materia prima utilizada en la investigación, para luego continuar con la adhesión de componentes comestibles en la superficie del fruto y luego con la evaluación de éstos componentes durante el almacenamiento.

En la **Tabla 4.2**, se presenta los resultados de las características métricas del aguaymanto fresco.

**Tabla 4.2**  
**Características métricas del aguaymanto fresco**

| Dimensión                | Cantidad          | Rango  |        |
|--------------------------|-------------------|--------|--------|
|                          |                   | Mínimo | Máximo |
| Peso (g)                 | $5,91 \pm 0,010$  | 4,90   | 5.92   |
| Longitud (mm)            | $20,18 \pm 0,026$ | 20.15  | 20,20  |
| Diámetro ecuatorial (mm) | $20,38 \pm 0,025$ | 20,36  | 20.41  |

En relación a la clasificación de calibres para los frutos de aguaymanto fresco provenientes del Mercado Nery García Zarate, distrito de Ayacucho departamento de Ayacucho, se reportó un peso, longitud y diámetro ecuatorial promedio de  $5,91 \pm 0,010$  g;  $20,18 \pm 0,026$  mm y  $20,38 \pm 0,025$  mm; respectivamente. Estas medidas las clasifican como de calibre B y C, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 203.121 (2014).



## 4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO, TEMPERATURA Y RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN LA CALIDAD COMERCIAL DEL AGUAYMANTO FRESCO, DURANTE EL ALMACENAMIENTO

En la **Tabla 4.3**, se presenta los resultados del Efecto del tiempo, temperatura y recubrimiento comestible en el ° Brix, %Acidez y Peso del aguaymanto fresco en almacenamiento.

**Tabla 4.3**

***Efecto del tiempo, temperatura y recubrimiento comestible en el ° Brix, %Acidez y Peso del aguaymanto fresco en almacenamiento***

| Tratamiento | Tiempo<br>(Días) | Temperatura<br>(°C) | Recubrimiento<br>comestible* (RC) | °Brix<br>(%) | Acidez<br>(%) | Índice madurez<br>(°Brix/%Acidez) | Peso<br>(g) |
|-------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|---------------|-----------------------------------|-------------|
| 1           | 7                | 7                   | 1                                 | 14.39        | 1.64          | 8.77                              | 6.25        |
| 2           |                  |                     | 2                                 | 14.35        | 1.63          | 8.80                              | 6.26        |
| 3           |                  |                     | 3                                 | 14.36        | 1.62          | 8.86                              | 6.28        |
| 4           |                  | 20                  | 1                                 | 14.40        | 1.63          | 8.83                              | 6.26        |
| 5           |                  |                     | 2                                 | 14.36        | 1.62          | 8.86                              | 6.29        |
| 6           |                  |                     | 3                                 | 14.37        | 1.60          | 8.98                              | 6.30        |
| 7           | 14               | 7                   | 1                                 | 14.40        | 1.63          | 8.83                              | 6.23        |
| 8           |                  |                     | 2                                 | 14.37        | 1.62          | 8.87                              | 6.25        |
| 9           |                  |                     | 3                                 | 14.38        | 1.60          | 8.99                              | 6.26        |
| 10          |                  | 20                  | 1                                 | 14.46        | 1.60          | 9.04                              | 6.24        |
| 11          |                  |                     | 2                                 | 14.38        | 1.59          | 9.04                              | 6.26        |
| 12          |                  |                     | 3                                 | 14.39        | 1.58          | 9.11                              | 6.27        |
| 13          | 21               | 7                   | 1                                 | 14.41        | 1.61          | 8.95                              | 6.21        |
| 14          |                  |                     | 2                                 | 14.38        | 1.60          | 8.99                              | 6.24        |
| 15          |                  |                     | 3                                 | 14.40        | 1.59          | 9.06                              | 6.23        |
| 16          |                  | 20                  | 1                                 | 14.48        | 1.58          | 9.16                              | 6.22        |
| 17          |                  |                     | 2                                 | 14.41        | 1.56          | 9.24                              | 6.23        |
| 18          |                  |                     | 3                                 | 14.42        | 1.55          | 9.30                              | 6.20        |

(\*) 1: Recubrimiento con mucílago de chía (RC1)

(\*) 2: Recubrimiento con gel de Aloe vera (RC2)

(\*) 3: Recubrimiento mix (mucílago de chía: gel Aloe vera de 1:1) (RC3)

En el Anexo 2a, se presenta el resultado de Pruebas de efectos inter – sujetos para la variable dependiente °Brix. En el Anexo 2b, se presenta el resultado de la Prueba HSD Tukey para la variable dependiente °Brix.

En el Anexo 3a, se presenta el resultado de Pruebas de efectos inter – sujetos para la variable dependiente Acidez. En el Anexo 3b, se presenta el resultado de la Prueba HSD Tukey para la variable dependiente Acidez.

En el Anexo 4a, se presenta el resultado de Pruebas de efectos inter – sujetos para la variable dependiente Peso. En el Anexo 4b, se presenta el resultado de la Prueba HSD Tukey para la variable dependiente Peso.

En los Anexos **5a, 5b y 5c**, se presentan los resultados de la evaluación sensorial del atributo Sabor al 7mo, 14avo y 21avo días de almacenamiento del aguaymanto fresco en condiciones de temperatura ambiente (20 °C) y de refrigeración (7°C) con sus recubrimientos comestibles (mucílago de chía, gel de sábila y una mezcla equitativa mucílago de chía y gel de sábila). La respuesta dada por los panelistas es el nivel de aceptabilidad, dada por el atributo sabor de la materia prima mencionada.

Sobre la base de las tablas de los anexos 5a, 5b y 5c, se obtuvo una tabla de doble entrada (tratamientos y panelistas), el mismo que se muestra en la **Tabla 4.4**.

En la **Tabla 4.4**, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del aguaymanto fresco en almacenamiento, del atributo sabor.

**Tabla 4.4**

***Evaluación sensorial del aguaymanto fresco en almacenamiento: Atributo sabor***

| Tratamientos | Panelistas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|--------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|              | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1            | 5          | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  |
| 2            | 4          | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 5  |
| 3            | 2          | 4 | 6 | 6 | 2 | 4 | 6 | 6 | 2 | 4  | 6  | 6  | 2  | 4  | 6  |
| 4            | 7          | 6 | 4 | 6 | 7 | 6 | 4 | 6 | 7 | 6  | 4  | 6  | 7  | 6  | 4  |
| 5            | 4          | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  |
| 6            | 6          | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6  | 5  | 6  | 6  | 6  | 5  |
| 7            | 4          | 4 | 2 | 2 | 1 | 7 | 4 | 4 | 2 | 2  | 1  | 7  | 4  | 4  | 2  |
| 8            | 4          | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 4 | 1 | 1 | 1  | 1  | 6  | 4  | 1  | 1  |
| 9            | 4          | 4 | 2 | 3 | 1 | 7 | 4 | 4 | 2 | 3  | 1  | 7  | 4  | 4  | 2  |
| 10           | 5          | 7 | 4 | 5 | 7 | 7 | 5 | 7 | 4 | 5  | 7  | 7  | 5  | 7  | 4  |
| 11           | 5          | 6 | 3 | 4 | 7 | 6 | 5 | 6 | 3 | 4  | 7  | 6  | 5  | 6  | 3  |
| 12           | 6          | 6 | 5 | 6 | 4 | 7 | 6 | 6 | 5 | 6  | 4  | 7  | 6  | 6  | 5  |
| 13           | 1          | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 2  |
| 14           | 1          | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  |
| 15           | 1          | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  |
| 16           | 5          | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 3  |
| 17           | 5          | 5 | 5 | 6 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 6  | 4  | 3  | 5  | 5  | 5  |
| 18           | 5          | 5 | 3 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 6  | 4  | 5  | 5  | 5  | 3  |

En los Anexos 6a, 6b y 6c, se presentan los resultados de la evaluación sensorial del atributo **Color** al 7mo, 14avo y 21avo días de almacenamiento del aguaymanto fresco en condiciones de temperatura ambiente (20 °C) y de refrigeración (7°C) con sus recubrimientos comestibles (mucílago de chía, gel de sábila y una mezcla equitativa mucílago de chía y gel de sábila). La respuesta dada por los panelistas es el nivel de aceptabilidad, dada por el atributo **Color** de la materia prima mencionada.

Sobre la base de las tablas de los anexos 6a, 6b y 6c, se obtuvo una tabla de doble entrada (tratamientos y panelistas), el mismo que se muestra en la **Tabla 4.5**.

En la **Tabla 4.5**, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del aguaymanto fresco en almacenamiento, del atributo **Color**.

**Tabla 4.5**

***Evaluación sensorial del aguaymanto fresco en almacenamiento: Atributo color***

| Tratamientos | Panelistas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|--------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|              | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1            | 5          | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5  | 6  | 5  | 5  | 5  | 6  |
| 2            | 3          | 5 | 5 | 6 | 3 | 5 | 5 | 6 | 3 | 5  | 5  | 6  | 3  | 5  | 5  |
| 3            | 3          | 5 | 5 | 6 | 3 | 5 | 5 | 6 | 3 | 5  | 5  | 6  | 3  | 5  | 5  |
| 4            | 6          | 6 | 4 | 6 | 6 | 6 | 4 | 6 | 6 | 6  | 4  | 6  | 6  | 6  | 4  |
| 5            | 4          | 6 | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 5 | 4 | 6  | 6  | 5  | 4  | 6  | 6  |
| 6            | 6          | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5  | 5  | 6  | 6  | 5  | 5  |
| 7            | 5          | 5 | 1 | 3 | 4 | 7 | 5 | 5 | 1 | 3  | 5  | 7  | 5  | 5  | 1  |
| 8            | 4          | 2 | 1 | 2 | 5 | 6 | 4 | 2 | 1 | 2  | 5  | 6  | 4  | 2  | 1  |
| 9            | 5          | 4 | 3 | 4 | 5 | 7 | 5 | 4 | 3 | 4  | 5  | 7  | 5  | 4  | 3  |
| 10           | 5          | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | 5 | 7 | 5 | 5  | 7  | 7  | 5  | 7  | 5  |
| 11           | 5          | 4 | 5 | 5 | 7 | 7 | 5 | 4 | 5 | 5  | 7  | 7  | 5  | 4  | 5  |
| 12           | 5          | 6 | 5 | 6 | 5 | 7 | 5 | 6 | 5 | 6  | 5  | 7  | 5  | 6  | 5  |
| 13           | 3          | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1  | 3  | 1  | 3  | 3  | 2  |
| 14           | 3          | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1  | 2  | 1  | 3  | 3  | 1  |
| 15           | 2          | 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1  | 3  | 1  | 2  | 4  | 2  |
| 16           | 5          | 6 | 5 | 6 | 7 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6  | 7  | 5  | 5  | 6  | 5  |
| 17           | 5          | 5 | 5 | 5 | 7 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5  | 7  | 4  | 5  | 5  | 5  |
| 18           | 5          | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  |

En la **Tabla 4.6.**, se presenta el resumen de la prueba de hipótesis para el atributo sabor. La hipótesis nula es: “Las distribuciones de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 son las mismas”. Para ello se aplicó el Análisis de Varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas. El nivel de significación es de 0,05 ( $p < 0,05$ ), por lo tanto la decisión es: rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 4.6**

**Resumen de la prueba de hipótesis por rangos de Friedman para el atributo sabor**

|   | Hipótesis nula                                                                                                           | Prueba                                                                             | Sig. | Decisión                    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|
| 1 | Las distribuciones de T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17 and T18 son las mismas. | Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

En la **Tabla 4.7.**, se presenta el resumen de la prueba de hipótesis para el atributo color. La hipótesis nula es: “Las distribuciones de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 son las mismas”. Para ello se aplicó el Análisis de Varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas. El nivel de significación es de 0,05 ( $p < 0,05$ ), por lo tanto la decisión es: rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 4.7**

**Resumen de la prueba de hipótesis por rangos de Friedman para el atributo color**

|          | Hipótesis nula                                                                                                           | Prueba                                                                             | Sig. | Decisión                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|
| <b>1</b> | Las distribuciones de T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17 and T18 son las mismas. | Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

En la **Tabla 4.8**, se presenta la Prueba de efectos Inter sujetos para el atributo sabor.

**Tabla 4.8**

**Prueba de efectos inter – sujetos para el atributo sabor**

| Origen           | Suma de cuadrados     | gl  | Media cuadrática | F        | Sig.  |
|------------------|-----------------------|-----|------------------|----------|-------|
| Modelo corregido | 4591,900 <sup>a</sup> | 31  | 148.126          | 14.524   | 0.000 |
| Intersección     | 25520.833             | 1   | 25520.833        | 2502.386 | 0.000 |
| Panelistas       | 3.333                 | 14  | 0.238            | 0.023    | 1.000 |
| Tratamientos     | 4588.567              | 17  | 269.916          | 26.466   | 0.000 |
| Error            | 2427.267              | 238 | 10.199           |          |       |
| Total            | 32540.000             | 270 |                  |          |       |
| Total corregido  | 7019.167              | 269 |                  |          |       |

En la **Tabla 4.9**, se presenta los resultados de la Prueba Post Hoc Duncan <sup>a,b</sup> para el atributo sabor.

**Tabla 4.9**

**Pruebas Post hoc Duncan<sup>a,b</sup> para el atributo: sabor**

| Tratamientos                                                             | N  | Subconjunto |        |         |         |         |         |         |         |
|--------------------------------------------------------------------------|----|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                                          |    | 1           | 2      | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       |
| T14                                                                      | 15 | 2.5333      |        |         |         |         |         |         |         |
| T15                                                                      | 15 | 3.0000      |        |         |         |         |         |         |         |
| T13                                                                      | 15 | 3.4000      |        |         |         |         |         |         |         |
| T8                                                                       | 15 | 4.6667      |        |         |         |         |         |         |         |
| T7                                                                       | 15 |             | 7.2000 |         |         |         |         |         |         |
| T6                                                                       | 15 |             | 7.3333 |         |         |         |         |         |         |
| T16                                                                      | 15 |             | 9.4000 | 9.4000  |         |         |         |         |         |
| T2                                                                       | 15 |             |        | 9.8667  | 9.8667  |         |         |         |         |
| T5                                                                       | 15 |             |        | 10.2667 | 10.2667 | 10.2667 |         |         |         |
| T1                                                                       | 15 |             |        | 10.5333 | 10.5333 | 10.5333 |         |         |         |
| T3                                                                       | 15 |             |        | 10.8000 | 10.8000 | 10.8000 |         |         |         |
| T18                                                                      | 15 |             |        | 11.2000 | 11.2000 | 11.2000 |         |         |         |
| T17                                                                      | 15 |             |        |         | 12.1333 | 12.1333 | 12.1333 |         |         |
| T11                                                                      | 15 |             |        |         |         | 12.6000 | 12.6000 | 12.6000 |         |
| T4                                                                       | 15 |             |        |         |         |         | 14.4000 | 14.4000 | 14.4000 |
| T10                                                                      | 15 |             |        |         |         |         |         | 14.8000 | 14.8000 |
| T9                                                                       | 15 |             |        |         |         |         |         |         | 15.3333 |
| T12                                                                      | 15 |             |        |         |         |         |         |         | 15.5333 |
| Sig.                                                                     |    | 0.096       | 0.075  | 0.183   | 0.091   | 0.081   | 0.067   | 0.075   | 0.383   |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. |    |             |        |         |         |         |         |         |         |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.        |    |             |        |         |         |         |         |         |         |
| b. Alfa = 0.05.                                                          |    |             |        |         |         |         |         |         |         |

En la **Tabla 4.10**, se presenta la Prueba de efectos Inter sujetos para el atributo Color

**Tabla 4.10**

***Prueba de efectos inter – sujetos para el atributo color***

| Origen       | Suma de cuadrados     | gl  | cuadrática | F        | Sig.  |
|--------------|-----------------------|-----|------------|----------|-------|
| Modelo       | 3668,440 <sup>a</sup> | 31  | 118.337    | 9.389    | 0.000 |
| Intersección | 24434.045             | 1   | 24434.045  | 1938.586 | 0.000 |
| Panelistas   | 10.635                | 14  | 0.760      | 0.060    | 1.000 |
| Tratamientos | 3657.805              | 17  | 215.165    | 17.071   | 0.000 |
| Error        | 2999.765              | 238 | 12.604     |          |       |
| Total        | 31102.250             | 270 |            |          |       |
| Total        | 6668.205              | 269 |            |          |       |

En la **Tabla 4.11**, se presenta los resultados de la Prueba Post Hoc Duncan <sup>a,b</sup> para el atributo color.



**Tabla 4.11**

***Pruebas Post hoc Duncan<sup>a,b</sup> para el atributo color***

| Tratamientos                                                             | N  | Subconjunto |        |         |         |         |         |
|--------------------------------------------------------------------------|----|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                                                                          |    | 1           | 2      | 3       | 4       | 5       | 6       |
| T14                                                                      | 15 | 2.2000      |        |         |         |         |         |
| T13                                                                      | 15 | 2.9667      | 2.9667 |         |         |         |         |
| T15                                                                      | 15 | 3.0333      | 3.0333 |         |         |         |         |
| T8                                                                       | 15 |             | 5.0667 |         |         |         |         |
| T7                                                                       | 15 |             |        | 8.4667  |         |         |         |
| T10                                                                      | 15 |             |        | 9.2333  | 9.2333  |         |         |
| T2                                                                       | 15 |             |        | 9.4000  | 9.4000  |         |         |
| T3                                                                       | 15 |             |        | 9.4000  | 9.4000  |         |         |
| T18                                                                      | 15 |             |        | 9.4333  | 9.4333  |         |         |
| T17                                                                      | 15 |             |        | 10.9333 | 10.9333 | 10.9333 |         |
| T11                                                                      | 15 |             |        |         | 11.5333 | 11.5333 | 11.5333 |
| T5                                                                       | 15 |             |        |         | 12.0000 | 12.0000 | 12.0000 |
| T1                                                                       | 15 |             |        |         |         | 12.3667 | 12.3667 |
| T16                                                                      | 15 |             |        |         |         | 12.5000 | 12.5000 |
| T4                                                                       | 15 |             |        |         |         | 12.6000 | 12.6000 |
| T6                                                                       | 15 |             |        |         |         | 12.6333 | 12.6333 |
| T12                                                                      | 15 |             |        |         |         | 13.3333 | 13.3333 |
| T9                                                                       | 15 |             |        |         |         |         | 14.1333 |
| Sig.                                                                     |    | 0.549       | 0.128  | 0.098   | 0.066   | 0.118   | 0.089   |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. |    |             |        |         |         |         |         |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.        |    |             |        |         |         |         |         |
| b. Alfa = 0.05.                                                          |    |             |        |         |         |         |         |

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUAYMANTO FRESCO

Según los resultados mostrados en la **Tabla 4.1**, el contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra y carbohidratos determinada en la investigación, se encuentran dentro del rango de investigaciones nacionales en aguaymanto tales como, Encina, Ureña y Repo (2007), Guevara y Málaga (2013), Aparcana y Villarreal (2014).

Dentro de los componentes de mayor importancia de los frutos del aguaymanto se encuentra el contenido de vitamina C, en nuestra investigación se encontró un contenido de  $26,36 \pm 0,015$  mg ácido. ascórbico/100 g de muestra, cercano al contenido de  $24,21 \pm 0,81$  mg/100 g, que obtuvieron Guevara y Málaga (2013) y a los 28,55 mg/100 g, reportado por Encina (2006); pero menor a los 40,29 mg/100 g, determinado por Bautista et al., (2014), a los 43,3 mg/100g, reportados por Repo-Carrasco y Encina (2008) y a los  $46,8 \pm 0,6$  mg/100g de Aredo et al., (2012); sin embargo, se encuentra dentro del rango de 20 a 43 mg/100 g, señalado por (Puente et

*al.*, 2011). Estas variaciones en cuanto al contenido de vitamina C, pueden atribuirse al estado de madurez y el tiempo transcurrido entre la cosecha y el momento del análisis, o la geografía del lugar de producción y las prácticas agrícolas.

Con respecto a los °Brix ( $14,38 \pm 0,070$ ), pH ( $3,55 \pm 0,010$ ) y al % de acidez ( $1,63 \pm 0,026$ ) del aguaymanto determinado en la investigación, Herrera (2000) encontró entre 13 y 15° Brix y un buen contenido de ácidos (1,6 a 2,0 % de acidez), en tanto que Aredo *et. al.*, (2012) reportaron pH  $3,38 \pm 0,02$  y °Brix  $14,4 \pm 0,1$  y Repo-Carrasco y Encina (2008) pH  $3,43 \pm 0,01$  y °Brix  $13,4 \pm 0,2$ , las variaciones en estas determinaciones también están relacionadas al estado de madurez de la fruta y a las condiciones agroclimáticas de las zonas de producción.

En relación a las mediciones de peso, longitud y diámetro ecuatorial promedio determinado en la investigación fueron de:  $5,91 \pm 0,010$  g;  $20,18 \pm 0,026$  mm y  $20,38 \pm 0,025$  mm, respectivamente (**Tabla 4.2**), son muy cercanos a los determinados por Bautista *et al.* (2014) y concuerda con el rango dado por Fischer *et al.*, (2012), quién manifiesta que el aguaymanto son bayas de 1,25 a 2,5 cm de diámetro y pesan entre unos 4 y 10 g. De acuerdo con Moreiras (2001) los valores varían dentro de las diferentes zonas productoras de 4,01 a 7,58 g.

## **5.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO, TEMPERATURA Y RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN LA CALIDAD COMERCIAL DEL AGUAYMANTO FRESCO, DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

Según los resultados mostrados en la **Tabla 4.3**, el tiempo y temperatura de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible, influyen en la concentración de sólidos solubles (°Brix), el % de Acidez expresado en ácido cítrico

y peso; reduciendo el periodo de vida útil, situación que se determinó con la evaluación de la aceptabilidad de las muestras de cada uno de los tratamientos.

Según el Análisis de varianza (ver Anexo 2a), el tiempo y temperatura de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible influyen en la variación de los sólidos solubles. Las interacciones tiempo\*temperatura y temperatura\*recubrimiento influyen significativamente en la variación de los sólidos solubles; sin embargo la interacción tiempo\*recubrimiento no influye en la variación de los sólidos solubles. De acuerdo con la prueba HSD de Tukey (ver Anexo 2b) el recubrimiento mix conservó en mejor estado el aguaymanto fresco, hasta los 14 días de almacenamiento a 7° C.

Los sólidos solubles en función al tiempo y temperatura de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar el aumento de los sólidos solubles en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

Se observó que las bayas de aguaymanto con cobertura comestible Mix mucílago de chía – gel de sábila, mostró un incremento de sólidos solubles durante los 14 días de almacenamiento y temperatura de 20 °C, de 14,36 a 14,42 °Brix, el tratamiento control presentó una variación de sólidos solubles de 14,36 ° Brix a 15,71 °Brix. Esto se puede explicar gracias al eficaz efecto barrera de transferencia de gases que redujo la velocidad de respiración de la fruta, disminuyendo su tasa de maduración, además, de ser barrera al vapor de agua, que permitió una menor pérdida de peso.

Tendencias similares fueron reportadas por Castro y González (2010) quienes evaluaron el efecto de la cobertura comestible de gelatina (4 y 8 %) con adición de aceite de orégano (0,25 %) en bayas de aguaymanto evaluados durante 35 días de almacenamiento a temperatura ambiente (20 °C). Donde observaron que al transcurrir

los días de almacenamiento se incrementó el contenido de sólidos solubles; las bayas de aguaymanto con gelatina al 8% presentaron menor incremento con 16,20 °Brix y el tratamiento control presentó mayor contenido de sólidos solubles con 16,80 °Brix. Estos valores son superiores a los reportados en esta investigación. Esto se puede deber al menor tiempo de almacenamiento de los tratamientos, por ser un fruto perecible.

Estas mismas tendencias fueron observadas por Sánchez (2012) en uva Red Globe con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor y canela al 0,2 %, envasadas en bandejas de poliestireno recubiertas con película de PVC y en bolsas de polietileno de baja densidad, observó que las uvas envasadas en bandejas de poliestireno y recubiertas con película de PVC presentaron menor incremento de sólidos solubles a los 35 días de almacenamiento a 2 °C, con 16,85 °Brix para las tratadas con la cobertura con aceite esencial de canela y 16,88 °Brix para las uvas tratadas con cobertura con aceite esencial de clavo de olor; mientras que las uvas envasadas en bolsa de polietileno de baja densidad mostraron las mayores contenidos de sólidos solubles con 17,29 °Brix en las uvas con cobertura con aceite esencial de clavo de olor, y 17,43 °Brix las que usaron cobertura con aceite esencial de canela.

Castro y González (2010) indican que la madurez de las frutas se refleja, entre otros, en el comportamiento de los sólidos solubles o °Brix. El contenido de sólidos solubles en la fruta está constituido por 80 a 95% de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) los cuales aumentan durante el periodo de maduración del fruto producto de la hidrólisis de almidón y/o la síntesis de sacarosa, y de la oxidación de ácidos, consumidos en la respiración. Sánchez (2012) menciona que el contenido de sólidos solubles es un parámetro importante que determina la calidad de la fruta, que afectan a la aceptación del consumidor.

Gamarra (2017), encontró mediante la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor en función al tiempo de almacenamiento, denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p>0,05$ ), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar estadísticamente el mejor tratamiento.

Según el Análisis de varianza (ver Anexo 3a), el tiempo y temperatura de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible influyen en la variación de la acidez. La interacción tiempo\*temperatura influye en la variación de la acidez; sin embargo las interacciones temperatura\*recubrimiento y tiempo\*recubrimiento no influyen en la variación de la acidez. De acuerdo con la prueba HSD de Tukey (ver Anexo 3b) el recubrimiento mix conservó en mejor estado el aguaymanto fresco, hasta los 21 días de almacenamiento a 7° C.

Con respecto a la Acidez, se puede apreciar un comportamiento inverso al de los sólidos solubles, es decir, que la concentración con el tiempo y temperatura de almacenamiento disminuye gradualmente. Se encontró una reducción del 3,12% a los 21 días de almacenamiento a 20 °C, con recubrimiento mix.

Se puede observar hay una reducción del peso durante el almacenamiento del aguaymanto fresco. Se encontró una reducción del 1,27 % a los 21 días de almacenamiento a 20 °C, con recubrimiento mix.

Según el Análisis de varianza (ver Anexo 4a), el tiempo de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible influyen en la variación del peso. La interacción tiempo\*temperatura influye en la variación del peso; sin embargo las interacciones temperatura\*recubrimiento y tiempo\*recubrimiento no influyen en la

variación del peso. De acuerdo con la prueba HSD de Tukey (ver Anexo 4b) el recubrimiento mix conservó en mejor estado el aguaymanto fresco, hasta los 14 días de almacenamiento a 7° C.

Cabe resaltar que las coberturas de polisacáridos se muestran eficaces en propiedades de barrera de gases a pesar de que son altamente hidrofílicas (Campos et al., 2011). Por lo que materiales hidrofílicos como el almidón proporcionan una leve protección contra la transmisión de agua (es decir, son altamente higroscópico), sin embargo, pueden ser aplicadas como coberturas relativamente gruesas en las superficies de los alimentos para absorber intencionalmente agua y proporcionar una protección temporal contra la gran pérdida de humedad (García et al., 2009).

El principal mecanismo de la pérdida de peso en las frutas y vegetales frescos es la difusión de vapor de agua, producida por el gradiente de presión dentro y fuera del fruto, las coberturas biodegradables ayudan a reducir este fenómeno, debido a la película que forman alrededor de la cáscara, controlando esta causa principal de deterioro (Márquez y Pretell, 2010; Castro y González, 2010).

La prueba de Levene modificada aplicada a los valores de pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor en función al tiempo de almacenamiento, denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar estadísticamente el mejor tratamiento.

La eficiencia como barreras a la pérdida de agua, se debe a sus propiedades mecánicas, que las convierte en barrera a la permeabilidad de vapor de agua y gases, sin embargo, las coberturas de un solo componente pueden mejorar estas propiedades funcionales

mediante la mezcla de dos o más compuestos (Lin y Zhao, 2007; Vargas et al., 2008). Sánchez (2012) menciona que las coberturas a base de proteínas como gelatina muestran mejores propiedades de barrera a los gases que los polisacáridos como el almidón, debido a su estructura única y de alta potencialidad de unión intermolecular; mejorando las propiedades de barrera al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

La evaluación de la aceptabilidad general mediante la aplicación de una escala hedónica de 7 puntos en bayas de aguaymanto con cobertura comestibles se realizó a los 7, 14 y 21 días de almacenamiento respectivamente, se evaluó en función a percepción global de los atributos: sabor y color.

Los Anexos 5a, 5b, 5c y Tabla 4.4, sirvieron como insumo para obtener los resultados de la **Tabla 4.6**. En esta última Tabla, se puede observar la prueba de Hipótesis por rangos de Friedman para el atributo sabor, para muestras relacionadas. La decisión es Rechazar la hipótesis nula ( $p < 0,05$ ). Esto quiere decir que con respecto al atributo sabor, por lo menos uno de los tratamientos es diferente de los demás.

Según el Análisis de Varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas (Tabla 4.9), se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significación es de 0,05 ( $p < 0,05$ ), por lo tanto la decisión es: rechazar la hipótesis nula.

La Prueba Post Hoc de Duncan<sup>a,b</sup> para el atributo sabor, mostrados en la **Tabla 4.9**, el subconjunto 8, muestra un alto nivel de aceptación en lo relacionado al sabor. El tratamiento 9, es decir, a 14 días y 7 °C de almacenamiento con un recubrimiento comestible mix (mucílago de chía: gel de sábila de 1: 1), los panelistas determinaron que la muestra tuvo un alto nivel de aceptación.



Según Gamarra (2017), el promedio de las calificaciones de aceptabilidad general en bayas de aguaymanto en función al tiempo de almacenamiento para los días 0 y 30 para los diferentes tratamientos; se puede observar una disminución en el promedio de las calificaciones en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento. Se observó que las bayas de aguaymanto con cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0,1 y 0,2 % presentaron mayores promedios de calificaciones de aceptabilidad general al día inicial de evaluación con 7,33 y 7,30, respectivamente; a los 30 días de almacenamiento, las calificaciones disminuyeron a 6,37 y 6,33, respectivamente, el tratamiento control presentó menor promedio al día inicial con 6,47 y a los 30 días de almacenamiento con 4,90.

Dentro de los principales atributos de calidad que contribuyen a la buena apreciación del mercado hacia productos frescos y mínimamente procesados se encuentran la apariencia, color, firmeza y el sabor. La apariencia es una cualidad que concierne principalmente a la forma, uniformidad del color, brillo y ausencia de defectos. Por otro lado, el sabor incluye la percepción de muchos componentes de gusto y aroma (Lin y Zhao, 2007).

La prueba de Friedman aplicada a las calificaciones de la evaluación de aceptabilidad general en bayas de aguaymanto procesadas con aplicación de cobertura comestible, la cual determinó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para el día inicial de evaluación y día 30. Al día inicial de evaluación la cobertura con aceite esencial de clavo de olor al 0,1 % presentó mayor promedio con 7,33 y al día 30 de evaluación 6,37; para ambos días este tratamiento presentó moda estadística de 7 correspondiente a la percepción de “me gusta bastante”.

Márquez y Pretell (2010), indican que ninguno de los jueces detectó malos sabores o aromas en las uvas tratadas con la cobertura biodegradable almidón de yuca-gelatina con extracto de tara almacenadas a 1 °C durante 35 días. La muestra con cobertura biodegradable fue la que más gustó a los jueces (73,3 % de las preferencias), revelando que sus atributos generales fueron superiores a los del control, estos resultados concuerdan con los de esta investigación, donde los tratamientos con cobertura de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor presentaron calificaciones superiores al control.

Además demostró que las coberturas comestibles de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0,1 y 0,2 % no presentaron diferencia entre sí ( $p > 0,05$ ); pero ambos tratamientos fueron diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) al tratamiento control, para ambos días de evaluación (0 y 30); se determinó que el mejor fue tratamiento con aceite esencial al 0,1 % por presentar mayor rango promedio.

Aloe vera: el gel extraído de la pulpa de *Aloe vera* Miller, ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento (Valverde et al., 2005), su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee et al., 2000), y el hecho de que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos tales como *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinérea* y *Alternaria alternata* a concentraciones del gel a 250 ml/L (Castillo et al., 2010).

Cuando se crea una barrera a los gases, un incremento en la presencia de algunos volátiles asociados con condiciones anaeróbicas puede ser inducido; es el caso de etanol y acetaldehído, los cuales fueron detectados después de 2 semanas de almacenamiento en trozos de manzana tratados con RC de alginato y goma gellan. La

producción de dichas sustancias se encuentra relacionada con fermentación anaerobia y detrimento en las propiedades sensoriales, y en especial con la pérdida de sabores en frutos mínimamente procesados (Rojas-Grau et al., 2008). Por consiguiente es evidente que el control de la permeabilidad del film a los gases deba ser una prioridad en su desarrollo y estudio (Parra et al., 2008).

Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Oms-Oliu et al., 2008).

La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad (Cerqueira et al., 2009), de la capacidad de la película para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de dichas soluciones afecta el espesor de la película, y de la solubilidad en agua, ya que es indispensable evadir la disolución de la PC o RC (Ozdemir & Floros, 2008).

Los Anexos 6a, 6b, 6c y **Tabla 4.5**, sirvieron como insumo para obtener los resultados de la Tabla 4.7. En esta última Tabla, se puede observar la prueba de Hipótesis por rangos de Friedman para el atributo color, para muestras relacionadas. La decisión es Rechazar la hipótesis nula ( $p < 0,05$ ). Esto quiere decir que con respecto al atributo color, por lo menos uno de los tratamientos es diferente de los demás.

Según el Análisis de Varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas (**Tabla 4.7**), se concluye que existen diferencias significativas entre los

tratamientos a un nivel de significación es de 0,05 ( $p < 0,05$ ), por lo tanto la decisión es: rechazar la hipótesis nula.

La Prueba Post Hoc de Duncan<sup>a,b</sup> para el atributo color, mostrados en la **Tabla 4.11**, el subconjunto 6, muestra un alto nivel de aceptación en lo relacionado al color. El tratamiento 9, es decir, a 14 días y 7 °C de almacenamiento con un recubrimiento comestible a base de mucílago de chía, los panelistas determinaron que la muestra tuvo un alto nivel de aceptación.

Recubrimientos comestibles a base de goma vegetal fueron probados en el aguaymanto fresco, con el objetivo de determinar su efecto en la vida de anaquel de dicho producto fresco a temperatura ambiente y en refrigeración. Como resultado se pudo determinar que actúa como una barrera frente al transporte de masa al reducir la pérdida de peso (Souza et al., 2010).

El gel extraído de la pulpa de Aloe barbadensis Miller ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento (Valverde et al., 2005),

Su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee et al., 2000), y el hecho de que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos tales como *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinérea* y *Alternaria alternata* a concentraciones del gel a 250 ml/L (Castillo et al., 2010, Saks & Barkai-Golan, 1995).

El desarrollo de recubrimientos a base de polisacáridos ha conllevado un incremento significativo en las clases de aplicaciones que pueden tener y la magnitud de productos que pueden ser tratados, ya que se logra extender la vida de anaquel de las frutas o vegetales mediante la permeabilidad selectiva de estos polímeros frente al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

Estos recubrimientos a base de polisacáridos pueden ser destinados a modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la senescencia (Rojas-Grau et al., 2009). Cuando se crea una barrera a los gases, un incremento en la presencia de algunos volátiles asociados con condiciones anaeróbicas puede ser inducido; es el caso de etanol y acetaldehído, los cuales fueron detectados después de 2 semanas de almacenamiento en trozos de manzana tratados con RC de alginato y goma gellan. La producción de dichas sustancias se encuentra relacionada con fermentación anaerobia y detrimento en las propiedades sensoriales, y en especial con la pérdida de sabores en frutos mínimamente procesados (Rojas-Grau et al., 2008). Por consiguiente es evidente que el control de la permeabilidad del film a los gases deba ser una prioridad en su desarrollo y estudio (Parra et al., 2008).

Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Oms-Oliu et al., 2008).

La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad (Cerqueira et al., 2009), de la capacidad de la película para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de dichas soluciones afecta el espesor de la película (Park, 1999), y de la solubilidad en agua, ya que es indispensable evadir la disolución de la PC o RC (Ozdemir & Floros, 2008).

Las películas (films) y recubrimientos antimicrobianos han innovado el concepto de empaque activo y se han desarrollado para reducir, inhibir o detener el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos (Appendini & Hotchkiss, 2002). Tradicionalmente, los agentes antimicrobianos son adicionados directamente a los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por diferentes sustancias que forman parte del alimento, de manera que se puede disminuir su eficiencia. En tales casos, la implementación de películas o recubrimientos antimicrobianos puede ser más eficiente que los aditivos que se utilizan en el producto alimenticio, ya que desde éstos se puede migrar selectiva y gradualmente compuestos desde el empaque a la superficie del alimento (Ouattara et al., 2000).

Los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis química, y buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos (Ponce et al., 2008).

En los alimentos no sólo la estabilidad microbiológica juega un papel indispensable en la calidad, sino también aspectos como el sensorial son indispensables para lograr que la aplicación de tecnologías emergentes como las películas y recubrimientos comestibles llegue a ser exitosas. Uno de los aspectos relevantes es la pérdida de sabores, que afecta fuertemente la aceptabilidad sensorial (Rojas-Grau et al., 2009).

Con el objetivo de ralentizar los cambios en los sabores durante la conservación de alimentos, se ha implementado la encapsulación de compuestos aromáticos como una

posible estrategia que reduce el efecto de reacciones degradantes como la oxidación (Marcuzzo et al., 2010).

## CONCLUSIONES

1. El tiempo y temperatura de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible, influyen significativamente en la concentración de sólidos solubles (°Brix). Las interacciones tiempo\*temperatura y temperatura\*recubrimiento influyen en la variación de los sólidos solubles; sin embargo la interacción tiempo\*recubrimiento no influye en la variación de los sólidos solubles. De acuerdo con la prueba HSD de Tukey el recubrimiento mix conservó en mejor estado el aguaymanto fresco, hasta los 14 días de almacenamiento a 7°C.
2. El tiempo y temperatura de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible influyen significativamente en la variación de la acidez. La interacción tiempo\*temperatura influye en la variación de la acidez; sin embargo las interacciones temperatura\*recubrimiento y tiempo\*recubrimiento no influyen en la variación de la acidez. De acuerdo con la prueba HSD de Tukey el recubrimiento mix conservó en mejor estado el aguaymanto fresco, hasta los 21 días de almacenamiento a 7° C.
3. El tiempo de almacenamiento del aguaymanto fresco con recubrimiento comestible influyen significativamente en la variación del peso. La interacción tiempo\*temperatura influye en la variación del peso; sin embargo las



interacciones temperatura\*recubrimiento y tiempo\*recubrimiento no influyen en la variación del peso. De acuerdo con la prueba HSD de Tukey el recubrimiento mix conservó en mejor estado el aguaymanto fresco, hasta los 14 días de almacenamiento a 7° C.

4. La evaluación de la aceptabilidad general en función a percepción global de los atributos: sabor y color. La Prueba de Hipótesis por rangos de Friedman para el atributo sabor y color, para muestras relacionadas, indica que la decisión es Rechazar la hipótesis nula ( $p < 0,05$ ). Es decir, que lo menos uno de los tratamientos es diferente de los demás.
5. La Prueba Post Hoc de Duncan<sup>a,b</sup> para el atributo sabor, nos indica que el Tratamiento 9 (14 días de almacenamiento a 7 °C, con un recubrimiento comestible mix - mucílago de chía: gel de sábila de 1: 1), tuvo un alto nivel de aceptación.
6. La Prueba Post Hoc de Duncan<sup>a,b</sup> para el atributo color, nos indica que el Tratamiento 9 (14 días de almacenamiento a 7 °C con un recubrimiento comestible mix - mucílago de chía: gel de sábila de 1: 1), tuvo un alto nivel de aceptación.

## **RECOMENDACIONES**

1. Evaluar otros tipos de recubrimientos comestibles con propiedades benéficas para la conservación de la materia prima y la salud del consumidor.
2. Determinar la concentración de  $\beta$ -carotenos y la actividad antioxidante del aguaymanto.
3. Obtener productos derivados innovadores con la finalidad de poner a disposición de los consumidores productos con alto valor nutritivo y funcional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdullahi, M. S., y Choji Bitrus, K. (2009). The origin and benefits of tomatoes as a home garden and commercial vegetable. Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry.
2. Al-Ani, M., Opara, L.U., Al-Bahri, D. y Al-Rahbi, N. (2007). Spectrophotometric quantification of ascorbic acid contents of fruit and vegetables using the 2,4-dinitrophenylhydrazine method. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.5 (3&4): 165 - 168. 2007.
3. Alvarado, J. (2006). Principios de ingeniería aplicados a los alimentos. Quito: Secretaría General de la OEA en Ecuador.
4. AMPEX Asociación Macroregional de Productores para la exportación (2008). Perfil de Mercado Aguaymanto. Lambayeque - Perú. 46 p.
5. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2012). Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists. 19th Ed. Washington DC.
6. Aparcana, I.M. y Villarreal, L.S. (2014). “Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del fruto de *Physalis peruviana* aguaymanto de diferentes lugares geográficos del Perú”. Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
7. Aredo, V., Arteaga, A., Benites, C., Gerónimo, W. (2012). Comparación entre el secado convectivo y osmoconvectivo en la pérdida de vitamina C de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) con y sin pre-tratamiento de NaOH. Agroindustrial Science. Escuela de Ingeniería Agroindustrial Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
8. Association of Official Analytical Chemists (1997). Official Methods of Analysis. 16ª Ed. Artington, Va U.S.A.
9. Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. 4 ed. Pearson Educación. México.
10. Barcelona, España, Taylor & Francis. p. 126.
11. Barcina, Y; Ibáñez, F. (2001). Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones.
12. Bautista, M.C., Reyna, L.M., Bravo, M. A., Aguirre, R. M. (2014). Obtención de aguaymanto (*Physalis peruviana*) liofilizado Rev. Per. Quím. Ing. Quím. Vol. 17 N° 1 , 2014. Págs. 37-42
13. Benavides P. E. Cuasqui L. E. (2008) *Estudio del Comportamiento Poscosecha de la Uvilla (Physalis Peruviana L.) sin Capuchón*. Tesis de la Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador. 131p.
14. Beppu, H., Kawai, K., Shimpo, K., Chihara, T., Tamai, I., Ida, C., Ueda, M., Kuzuya, H. (2006). Studies on the components of Aloe arborescens from Japan- montly variaiton and differences due top art and position of the leaf. Biochem. System. Ecol. 32, 783-795.
15. Camacho G. y Sanabria G. Alternativas de Procesamiento y transformación de la Uchuva. Editado por Fisher et al, Colombia (2005). pp. 191-203.

16. Campos, C., Gerschenson, L. y Flores, S. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol*, 4:849 – 875.
17. Capitani M. I. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de Chía (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química. Tesis Doctoral. Argentina.
18. Castañeda, W. (2005). Color. Manizales. Retrieved from <http://gbs.libriariadelau.com/index.php?isbn=9789588231167>.
19. Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., Martínez-Romero, D. (2010). Antifungal efficiency of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and technology*, 57, 183 – 188.
20. Castro R. y González G. (2010). Evaluación fisicoquímica de la efectividad de un recubrimiento comestible en la conservación de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia.
21. Cerqueira, M.A., et al., (2009). Extraction, purification and characterization of galactomannans from non traditional sources. *Carbohydrate Polymers* 75 (3), 408–414.
22. Choi, S. y Chung, M. (2003). A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic effects. *Seminars in Integrative Medicine* 1, 53-62.
23. Conti, P., Simonetti, R., Lozano, E. y Figueroa, L. (2006). El poder curativo del Aloe vera. Pluma Y Papel Ediciones. 1era Edición. Buenos Aires, Argentina, Pg: 26-56.
24. Delgado-Vargas, F., Jiménez, R., & Paredes-López, O. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains--characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), 173–289. Doi: 10.1080/10408690091189257.
25. Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., Pranzetti, V., Color, E. L., Miele, E. N. (2010). El color en los alimentos, 13, 145–152.
26. Domínguez R.N.-Fernández, Arzate I.-Vásquez, J. J. Chanona-Perez, Welti J.S.-Chanes, Alvarado J.S.-González, Calderón G.-Domínguez, Garibay V.-Febles y Gutiérrez G.F.-López (2012). El gel de Aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 11, No. 1 (2012) 23-43
27. Dostert N., Roque J., Cano A., La Torre M. I. y Weigend M. (2011). *Hoja Botánica: Aguaymanto*. Proyecto Perú biodiverso. Cooperación Suiza – SECO. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo – MINCETUR. Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PROMPERU. Ministerio del Ambiente – MINAM. Primera Edición. Lima – Perú. 15 p.
28. Elías, LG; Jeffery, LE; Watts, BM; Ylimaki, GL. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Canadá, Internacional Development Research Centre.
29. Encina, C. (2006). Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana* Linnaeus, 1753.) para la mayor retención de ácido ascórbico. Tesis para optar el título de magíster. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

30. Encina, C.; Ureña, M.; Repo, R. (2007). Determinación de los compuestos bioactivos del Aguaymanto (*Physalis peruviana*, Linnaeus, 1753) y de su conserva en almíbar maximizando la retención de ácido ascórbico (en línea). Perú. Consultado 15 may. 2013. Disponible en: <http://www.guzlop-editoras.com/>
31. Eshun, K. y He, Q. (2004). Aloe vera: A valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44, 91-96.
32. Espinoza, J. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. La Habana, Cuba, Editorial
33. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2006). Manual para el manejo postcosecha de frutas tropicales. Tomado de: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>. Consultado a el 06 de agosto del 2014.
34. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). RAPA (Regional Office for Asia and the Pacific) y AFMA (Association of Food Marketing Agencies in Asia and the Pacific) (1989). *Manual para el Mejoramiento del manejo Poscosecha de frutas y hortalizas*. Santiago – Chile. (87p).<http://www.fao.org/docrep/x5056s/x5056s03.htm>. Consultada el 25 de Octubre del 2013.
35. Fennema, O. R. (2008). Química de los alimentos. Zaragoza: Acribia, S.A.
36. Fischer G., Miranda D., Piedrahita W. y Romero J. (2005), *Avances en cultivo, Poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, editorial e impresión Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos. Bogotá – Colombia. 221 p.
37. Fischer, G.; Miranda, D. Uchuva (*Physalis peruviana L.*). In: Fischer, G. (Ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. (2012). Produmedios, Bogotá: 2012. P.851-873.
38. Galvis J. A., Fisher G. y Gordillo O.P. *Cosecha y Poscosecha de la Uchuva*. Editado por Fisher *et al*, Colombia (2005), pp. 165-190.
39. Gamarra Reyes, Ana Belén (2017). Efecto de la concentración de aceite esencial de clavo de olor en la cobertura comestible a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Trujillo – Perú.
40. García, M., Pinotti, A. Martino, M., Zaritzky, N. Embuscado, M. y Huber, K. (2009). Characterization of starch and composite edible films and coating Edible films and coatings for food applications. Springer Science BusinessMedia. New York.
41. Gilabert, J. (2002). Medida del color Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
42. Gómez E. (2011). *Recubrimientos para frutas y hortalizas*. V Curso Internacional
43. Gómez R. A. (2013). *Evaluación sensorial de láminas de mango (Mangifera indica L. cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío*. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (2): 157-169.
44. Gonzales M. V. (2010), *Conservación de Mora, Uvilla y Frutilla mediante la utilización de Aceite esencial de Canela (Cinnamomum zeynalicum)* Tesis de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba –Ecuador. 177p.

45. González, Y. M. (1997). Vitamina C: influencia que ejerce en la cicatrización y alteraciones de la cavidad bucal. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
46. Guevara, A. y Málaga, R. (2013). “Determinación de los parámetros de proceso y caracterización del puré de aguaymanto”. Revista Ingeniería Industrial, Universidad de Lima.
47. Guiotto N., E. (2014). Aplicación de subproductos de chía (*Salvia hispánica* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) en alimentos. Tesis doctoral Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
48. Hentry H S, Mittleman M, McCrohan PR (1990). Introducción de la chía y la goma de tragacanto en los Estados Unidos. En Avances en Cosechas Nuevas. Editado por Janick J, y Simon J E. Prensa de la Madera, Portland, O. 252-256
49. Hernández, J. y Miranda, C. (2008). Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispánica*). Fitotecnia Mexicana. 31(2). 105-113 doi: ISSN0187-7380.
50. Herrera, A. Manejo poscosecha En: Flórez, V.J.; Fischer, G.; Sora, A.D. (2000). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá: p.109-127.
51. Heymann, H; Lawless, H.( 2010). Sensory evaluation of food, principles and practices. 2 ed. Nueva York, Estados Unidos, Springer. 626 p.
52. Hunter Associates Laboratory Inc. (2014). Tomato color measurement. Tomato products. Retrieved from <http://www.hunterlab.com/tomato-color-measurement.html>.
53. Lin K Y, Daniel J R, Whistler R L, (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. Carbohydrate Polymers, 23(1): 13–18
54. Lin, D. y Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 6:60–75.
55. Marín Flores F M, Acevedo M J, Tamez R M, Nevero M J, Garay AL (2008). Patent WO/2008/0044908 Method for obtaining mucilage from *Salvia hispanica* L. Word Internacional Property Organization
56. Márquez, L. y Pretell, C. (2010). Cobertura biodegradable gelatina-almidón tara y las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de uva (*Vitis vinifera*) Red Globe, durante el almacenamiento. Pueblo Continente, 21(1):199–214.
57. Moreiras, O. (2001). Tablas de Composición de Alimentos. Ediciones Pirámide. Madrid.
58. Muñoz L A, Cobos A, Díaz O, Aguilera J M (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *J Food Eng*, 108: 216–224.
59. Navarro Martínez, D. M. (2013). Efecto de los tratamientos de gel de aloe, aplicados en pre- o post-recolección sobre la calidad de frutos de hueso y uva de mesa. Escuela politécnica superior de Orihuela, Departamento de Tecnología Agroalimentaria. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández. Alicante – España.
60. Novoa, D. F., & Ramírez Navas, J. S. (2012). Caracterización colorimétrica del manjar blanco del Valle. Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial, 10(2), 54–61.
61. Olusola L. (2002). *Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market*. EUA, CRC Press. pp. 291-294. Traducción: I. A. Violeta Morales V.

62. Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 7, 50, 87 – 94.
63. Oates, S. (2008). *Handbook of food analysis instruments*. (CRC Press, Ed.) (Ilustrada, p. 544). Retrieved from [http://books.google.com.co/books?id=RIguE0HBDawC&pg=PA238&lpg=PA238&dq=digital+color+in+food&source=bl&ots=\\_Aio36CbN8&sig=Z1T8JxaXczRtm6XU00NyiVDBA8g&hl=es&sa=X&ei=9njiU86dHYzksASJ94DICA&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?id=RIguE0HBDawC&pg=PA238&lpg=PA238&dq=digital+color+in+food&source=bl&ots=_Aio36CbN8&sig=Z1T8JxaXczRtm6XU00NyiVDBA8g&hl=es&sa=X&ei=9njiU86dHYzksASJ94DICA&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q&f=false).
64. Ozdemir, M., Floros, J. D. (2008). Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. *Journal of Food Engineering*, 84, 116 – 123.
65. Parra, D., F., Tadini C., C., Ponce P., Lugão, A., B. (2008). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. *Carbohydrate polymers*, 58, 75 – 481.
66. Puente, L.A., Pinto-Muñoz, S.A., Castro, E.S., Cortés, M. (2011). “*Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit”: A review. *Food Research International*, Essex, v.44, p.1733-1740.
67. Ramachandra, C. y Srinivasa P. (2008). Processing of Aloe vera leaf gel: A review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3, 502- 510.
68. Ramírez, Gustavo (2003). Sábila (Aloe vera). *Fitoterapia, revisiones monográficas. Médico naturista. Natura Médica* N° 11, Pág. 26-31.
69. Repo de Carrasco, R. y Encina, Ch. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev Soc Quím Perú*. 2008, 74, N° 2 (108-124).
70. Reyes-Caudillo E, Tecante A, Valdivia-López M A (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *J Agric Food Chem*, 107(2): 656–663.
71. Reynolds, T. (2004). *Aloes: The Genus Aloe*. Medicinal and aromatic plants-industrial profiles Editorial CPR Press LLC, Boca Raton, Florida.
72. Reynoso-Cortés L B (2002). Extracción, separación y caracterización reológica del mucílago de la semilla de chía (*Salvia* spp.). Tesis de grado. Universidad Simón Bolívar (México)
73. Rivero, R., Rodríguez, E., Menéndez, R., Fernández, J., Del Barrio, G. y González, M. (2002). Obtención y caracterización preliminar de un extracto de Aloe vera L. con actividad antiviral. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 7, 32- 38.
74. Rojas-Grau, M. A., Tapia, M. S., Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT*. 41, 139 – 147.
75. Sánchez, M. (2012). Efecto de la cobertura comestible con aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), tipo de envase y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en uva (*Vitis vinifera* L.), variedad Red Globe. Tesis para optar el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

76. Santos Espi, P. (2009). Medición del color (p. 4). Zaragoza. Retrieved from [http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R42\\_A3.pdf](http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R42_A3.pdf).
77. Souza, M. P., et al., (2010). Polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. tree gum (Policaju) as a coating for Tommy Atkins mangoes. *Chemical papers*, 64 (4) 475 – 481.
78. *Tecnología postcosecha y Procesado mínimo*. <http://www.upct.es/gpostref/Curso11/programa11.pdf>. Consultado el 25 de agosto del 2015.
79. Tosco, G. (2013). Los beneficios de la Chía (*Salvia hispanica*) en humanos y animales.
80. Universitaria. 116 p.
81. Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of agricultural and food chemistry*. 53 (20), 7807 – 7813.
82. Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of agricultural and food chemistry*. 53 (20), 7807 – 7813.
83. Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of agricultural and food chemistry*. 53 (20), 7807 – 7813.
84. Vargas, M., Pastor, C., Chirarlt, A., McClements, D. y Gonzáles – Martínez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48: 496–511.
85. Villanueva T. J., Condezo-Hoyos L., Eduardo Ramirez Asquieri E. (2010). Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 30(Supl.1): 151-160. doi: 10.1590/S0101-20612010000500023.
86. Wu, D., y Sun, D.-W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. *Trends in Food Science y Technology*, 29(1), 5–20. doi:10.1016/j.tifs.2012.08.004.



## **ANEXOS**

## Anexo 1

### *Ficha de evaluación sensorial de la aceptabilidad del aguaymanto fresco*

Nombre: ..... Fecha: ..... Código de muestra: .....

**Indicaciones:** Indique de acuerdo a la descripción de los atributos de la Escala hedónica que se adjunta, los valores numéricos que corresponda según su criterio a cada atributo en la siguiente muestra colocando una “X” en los cuadros. Asegúrese de tomar un sorbo de agua y una mordida de galleta soda antes de comenzar y entre cada una de las muestras.

**Sabor:**

**Comentarios:** .....

.....

**Color:**

**Comentarios:** .....

.....

Gracias!!!!

### Anexo 2a

#### Resultado de la Prueba Inter-sujetos de la variable dependiente: °Brix

| Origen                               | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F           | Sig.  |
|--------------------------------------|-------------------|----|------------------|-------------|-------|
| Modelo corregido                     | ,055 <sup>a</sup> | 17 | 0.003            | 11.864      | 0.000 |
| Intersección                         | 11191.105         | 1  | 11191.10         | 41110181.25 | 0.000 |
| Tiempo                               | 0.016             | 2  | 0.008            | 28.986      | 0.000 |
| Temperatura                          | 0.009             | 1  | 0.009            | 33.333      | 0.000 |
| Recubrimiento                        | 0.023             | 2  | 0.011            | 41.476      | 0.000 |
| Tiempo * Temperatura                 | 0.002             | 2  | 0.001            | 3.762       | 0.033 |
| Tiempo * Recubrimiento               | 0.001             | 4  | 0.000            | 0.803       | 0.532 |
| Temperatura * Recubrimiento          | 0.003             | 2  | 0.002            | 5.925       | 0.006 |
| Tiempo * Temperatura * Recubrimiento | 0.001             | 4  | 0.000            | 1.211       | 0.323 |
| Error                                | 0.010             | 36 | 0.000            |             |       |
| Total                                | 11191.170         | 54 |                  |             |       |
| Total corregido                      | 0.065             | 53 |                  |             |       |

### Anexo 2b

#### Resultado de la Prueba HSD Tukey para la variable dependiente: °Brix

| Recubrimiento | N  | Subconjunto |         |
|---------------|----|-------------|---------|
|               |    | 1           | 2       |
| Chía          | 18 | 14.3756     |         |
| Mix           | 18 | 14.3883     |         |
| Sábila        | 18 |             | 14.4239 |
| Sig.          |    | 0.065       | 1.000   |

### Anexo 3a

#### Resultado de la Prueba Inter-sujetos de la variable dependiente: Acidez

| Origen                               | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F          | Sig.  |
|--------------------------------------|-------------------|----|------------------|------------|-------|
| Modelo corregido                     | ,031 <sup>a</sup> | 17 | 0.002            | 9.620      | 0.000 |
| Intersección                         | 138.849           | 1  | 138.849          | 720945.010 | 0.000 |
| Tiempo                               | 0.015             | 2  | 0.007            | 38.433     | 0.000 |
| Temperatura                          | 0.009             | 1  | 0.009            | 45.779     | 0.000 |
| Recubrimiento                        | 0.006             | 2  | 0.003            | 15.413     | 0.000 |
| Tiempo * Temperatura                 | 0.001             | 2  | 0.001            | 3.837      | 0.031 |
| Tiempo * Recubrimiento               | 0.000             | 4  | 8.519E-05        | 0.442      | 0.777 |
| Temperatura * Recubrimiento          | 1.111E-05         | 2  | 5.556E-06        | 0.029      | 0.972 |
| Tiempo * Temperatura * Recubrimiento | 0.000             | 4  | 2.778E-05        | 0.144      | 0.964 |
| Error                                | 0.007             | 36 | 0.000            |            |       |
| Total                                | 138.887           | 54 |                  |            |       |
| Total corregido                      | 0.038             | 53 |                  |            |       |

### Anexo 3b

#### Resultado de la Prueba HSD Tukey para la variable dependiente: Acidez

| Recubrimiento | N  | Subconjunto |        |
|---------------|----|-------------|--------|
|               |    | 1           | 2      |
| Mix           | 18 | 1.5900      |        |
| Chía          | 18 |             | 1.6050 |
| Sábila        | 18 |             | 1.6156 |
| Sig.          |    | 1.000       | 0.071  |

#### **Anexo 4a**

##### **Resultado de la Prueba Inter-sujetos de la variable dependiente: Peso**

| Origen                               | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F           | Sig.  |
|--------------------------------------|-------------------|----|------------------|-------------|-------|
| Modelo corregido                     | ,035 <sup>a</sup> | 17 | 0.002            | 6.998       | 0.000 |
| Intersección                         | 2108.750          | 1  | 2108.750         | 7253025.637 | 0.000 |
| Tiempo                               | 0.023             | 2  | 0.012            | 40.019      | 0.000 |
| Temperatura                          | 0.000             | 1  | 0.000            | 1.433       | 0.239 |
| Recubrimiento                        | 0.004             | 2  | 0.002            | 7.191       | 0.002 |
| Tiempo * Temperatura                 | 0.002             | 2  | 0.001            | 4.032       | 0.026 |
| Tiempo * Recubrimiento               | 0.003             | 4  | 0.001            | 2.395       | 0.068 |
| Temperatura * Recubrimiento          | 0.000             | 2  | 7.222E-05        | 0.248       | 0.781 |
| Tiempo * Temperatura * Recubrimiento | 0.001             | 4  | 0.000            | 1.242       | 0.311 |
| Error                                | 0.010             | 36 | 0.000            |             |       |
| Total                                | 2108.795          | 54 |                  |             |       |
| Total corregido                      | 0.045             | 53 |                  |             |       |

#### **Anexo 4b**

##### **Resultado de la Prueba HSD Tukey para la variable dependiente: Peso**

| Recubrimiento | N  | Subconjunto |        |
|---------------|----|-------------|--------|
|               |    | 1           | 2      |
| Sábila        | 18 | 6.2367      |        |
| Chía          | 18 |             | 6.2544 |
| Mix           | 18 |             | 6.2561 |
| Sig.          |    | 1.000       | 0.954  |

### **Anexo 5a**

#### **Resultados de evaluación sensorial del atributo sabor (7mo día)**

| Panelista | Código (Tratamiento) |          |          |          |          |          |
|-----------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | 4173 (2)             | 5294 (1) | 3526 (3) | 2546 (5) | 6418 (4) | 4689 (6) |
| 1         | 4                    | 5        | 2        | 4        | 7        | 6        |
| 2         | 4                    | 5        | 4        | 5        | 6        | 6        |
| 3         | 5                    | 4        | 6        | 4        | 4        | 5        |
| 4         | 4                    | 4        | 6        | 5        | 6        | 6        |
| 5         | 4                    | 5        | 2        | 4        | 7        | 6        |
| 6         | 4                    | 5        | 4        | 5        | 6        | 6        |
| 7         | 5                    | 4        | 6        | 4        | 4        | 5        |
| 8         | 4                    | 4        | 6        | 5        | 6        | 6        |
| 9         | 4                    | 5        | 2        | 4        | 7        | 6        |
| 10        | 4                    | 5        | 4        | 5        | 6        | 6        |
| 11        | 5                    | 4        | 6        | 4        | 4        | 5        |
| 12        | 4                    | 4        | 6        | 5        | 6        | 6        |
| 13        | 4                    | 5        | 2        | 4        | 7        | 6        |
| 14        | 4                    | 5        | 4        | 5        | 6        | 6        |
| 15        | 5                    | 4        | 6        | 4        | 4        | 5        |

### **Anexo 5b**

#### **Resultados de evaluación sensorial del atributo sabor (14avo día)**

| Panelista | Código (Tratamiento) |          |          |           |           |           |
|-----------|----------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|           | 6521 (8)             | 5642 (7) | 4827 (9) | 2643 (11) | 3625 (10) | 5632 (12) |
| 1         | 4                    | 4        | 4        | 5         | 5         | 6         |
| 2         | 1                    | 4        | 4        | 6         | 7         | 6         |
| 3         | 1                    | 2        | 2        | 3         | 4         | 5         |
| 4         | 1                    | 2        | 3        | 4         | 5         | 6         |
| 5         | 1                    | 1        | 1        | 7         | 7         | 4         |
| 6         | 6                    | 7        | 7        | 6         | 7         | 7         |
| 7         | 4                    | 4        | 4        | 5         | 5         | 6         |
| 8         | 1                    | 4        | 4        | 6         | 7         | 6         |
| 9         | 1                    | 2        | 2        | 3         | 4         | 5         |
| 10        | 1                    | 2        | 3        | 4         | 5         | 6         |
| 11        | 1                    | 1        | 1        | 7         | 7         | 4         |
| 12        | 6                    | 7        | 7        | 6         | 7         | 7         |
| 13        | 4                    | 4        | 4        | 5         | 5         | 6         |
| 14        | 1                    | 4        | 4        | 6         | 7         | 6         |
| 15        | 1                    | 2        | 2        | 3         | 4         | 5         |

**Anexo 5c**

**Resultados de evaluación sensorial del atributo sabor (21avo día)**

| Panelista | Código (Tratamiento) |           |           |           |           |           |
|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           | 2936 (13)            | 5813 (14) | 5263 (15) | 6783 (16) | 3179 (17) | 4395 (18) |
| 1         | 1                    | 1         | 1         | 5         | 5         | 5         |
| 2         | 1                    | 1         | 2         | 4         | 5         | 5         |
| 3         | 2                    | 1         | 1         | 3         | 5         | 3         |
| 4         | 1                    | 1         | 1         | 4         | 6         | 6         |
| 5         | 3                    | 1         | 2         | 4         | 4         | 4         |
| 6         | 1                    | 3         | 1         | 5         | 3         | 5         |
| 7         | 1                    | 1         | 1         | 5         | 5         | 5         |
| 8         | 1                    | 1         | 2         | 4         | 5         | 5         |
| 9         | 2                    | 1         | 1         | 3         | 5         | 3         |
| 10        | 1                    | 1         | 1         | 4         | 6         | 6         |
| 11        | 3                    | 1         | 2         | 4         | 4         | 4         |
| 12        | 1                    | 3         | 1         | 5         | 3         | 5         |
| 13        | 1                    | 1         | 1         | 5         | 5         | 5         |
| 14        | 1                    | 1         | 2         | 4         | 5         | 5         |
| 15        | 2                    | 1         | 1         | 3         | 5         | 3         |

**Anexo 6a**

**Resultados de evaluación sensorial del atributo color (7mo día)**

| Panelista | Codigo (Tratamiento) |          |          |          |          |          |
|-----------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | 4173 (2)             | 5294 (1) | 3526 (3) | 2546 (5) | 6418 (4) | 4689 (6) |
| 1         | 3                    | 5        | 3        | 4        | 6        | 6        |
| 2         | 5                    | 5        | 5        | 6        | 6        | 5        |
| 3         | 5                    | 6        | 5        | 6        | 4        | 5        |
| 4         | 6                    | 5        | 6        | 5        | 6        | 6        |
| 5         | 3                    | 5        | 3        | 4        | 6        | 6        |
| 6         | 5                    | 5        | 5        | 6        | 6        | 5        |
| 7         | 5                    | 6        | 5        | 6        | 4        | 5        |
| 8         | 6                    | 5        | 6        | 5        | 6        | 6        |
| 9         | 3                    | 5        | 3        | 4        | 6        | 6        |
| 10        | 5                    | 5        | 5        | 6        | 6        | 5        |
| 11        | 5                    | 6        | 5        | 6        | 4        | 5        |
| 12        | 6                    | 5        | 6        | 5        | 6        | 6        |
| 13        | 3                    | 5        | 3        | 4        | 6        | 6        |
| 14        | 5                    | 5        | 5        | 6        | 6        | 5        |
| 15        | 5                    | 6        | 5        | 6        | 4        | 5        |

### **Anexo 6b**

#### **Resultados de evaluación sensorial del atributo color (14avo día)**

| Panelista | Código (Tratamiento) |          |          |           |           |           |
|-----------|----------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|           | 6521 (8)             | 5642 (7) | 4827 (9) | 2643 (11) | 3625 (10) | 5632 (12) |
| 1         | 4                    | 5        | 5        | 5         | 5         | 5         |
| 2         | 2                    | 5        | 4        | 4         | 7         | 6         |
| 3         | 1                    | 1        | 3        | 5         | 5         | 5         |
| 4         | 2                    | 3        | 4        | 5         | 5         | 6         |
| 5         | 5                    | 4        | 5        | 7         | 7         | 5         |
| 6         | 6                    | 7        | 7        | 7         | 7         | 7         |
| 7         | 4                    | 5        | 5        | 5         | 5         | 5         |
| 8         | 2                    | 5        | 4        | 4         | 7         | 6         |
| 9         | 1                    | 1        | 3        | 5         | 5         | 5         |
| 10        | 2                    | 3        | 4        | 5         | 5         | 6         |
| 11        | 5                    | 4        | 5        | 7         | 7         | 5         |
| 12        | 6                    | 7        | 7        | 7         | 7         | 7         |
| 13        | 4                    | 5        | 5        | 5         | 5         | 5         |
| 14        | 2                    | 5        | 4        | 4         | 7         | 6         |
| 15        | 1                    | 1        | 3        | 5         | 5         | 5         |

### **Anexo 6c**

#### **Resultados de evaluación sensorial del atributo color (21avo día)**

| Panelista | Codigo (Tratamiento) |           |           |           |           |           |
|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           | 2936 (13)            | 5813 (14) | 5263 (15) | 6783 (16) | 3179 (17) | 4395 (18) |
| 1         | 3                    | 3         | 2         | 5         | 5         | 5         |
| 2         | 3                    | 3         | 4         | 6         | 5         | 5         |
| 3         | 2                    | 1         | 2         | 5         | 5         | 5         |
| 4         | 1                    | 1         | 1         | 6         | 5         | 4         |
| 5         | 3                    | 2         | 3         | 7         | 7         | 5         |
| 6         | 1                    | 1         | 1         | 5         | 4         | 4         |
| 7         | 3                    | 3         | 2         | 5         | 5         | 5         |
| 8         | 3                    | 3         | 4         | 6         | 5         | 5         |
| 9         | 2                    | 1         | 2         | 5         | 5         | 5         |
| 10        | 1                    | 1         | 1         | 6         | 5         | 4         |
| 11        | 3                    | 2         | 3         | 7         | 7         | 5         |
| 12        | 1                    | 1         | 1         | 5         | 4         | 4         |
| 13        | 3                    | 3         | 2         | 5         | 5         | 5         |
| 14        | 3                    | 3         | 4         | 6         | 5         | 5         |
| 15        | 2                    | 1         | 2         | 5         | 5         | 5         |



### **Anexo 7a**

#### **Valores transformados a rangos del Atributo sabor**

| Tratamientos | Panelistas |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| 1            | 12.5       | 11.5 | 11.5 | 8.5  | 14.0 | 8.5  | 6.5  | 7.0  | 15.0 | 12.0 | 10.0 | 5.5  | 12.5 | 11.5 | 11.5 |
| 2            | 7.0        | 7.0  | 15.5 | 8.5  | 10.5 | 5.5  | 13.0 | 7.0  | 12.0 | 8.5  | 14.5 | 5.5  | 7.0  | 7.0  | 15.5 |
| 3            | 4.0        | 7.0  | 18.0 | 15.5 | 5.5  | 5.5  | 17.5 | 15.0 | 5.5  | 8.5  | 16.0 | 12.0 | 4.0  | 7.0  | 18.0 |
| 4            | 18.0       | 15.5 | 11.5 | 15.5 | 17.0 | 12.5 | 6.5  | 15.0 | 18.0 | 16.0 | 10.0 | 12.0 | 18.0 | 15.5 | 11.5 |
| 5            | 7.0        | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 10.5 | 8.5  | 6.5  | 11.0 | 12.0 | 12.0 | 10.0 | 8.0  | 7.0  | 11.5 | 11.5 |
| 6            | 16.5       | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.0 | 12.5 | 13.0 | 15.0 | 17.0 | 16.0 | 14.5 | 12.0 | 16.5 | 15.5 | 15.5 |
| 7            | 7.0        | 7.0  | 5.0  | 5.0  | 2.5  | 16.5 | 6.5  | 7.0  | 5.5  | 5.0  | 2.5  | 16.5 | 7.0  | 7.0  | 5.0  |
| 8            | 7.0        | 2.0  | 2.0  | 2.5  | 2.5  | 12.5 | 6.5  | 2.0  | 2.0  | 2.5  | 2.5  | 12.0 | 7.0  | 2.0  | 2.0  |
| 9            | 7.0        | 7.0  | 5.0  | 6.0  | 2.5  | 16.5 | 6.5  | 7.0  | 5.5  | 6.0  | 2.5  | 16.5 | 7.0  | 7.0  | 5.0  |
| 10           | 12.5       | 18.0 | 11.5 | 11.5 | 17.0 | 16.5 | 13.0 | 18.0 | 12.0 | 12.0 | 17.5 | 16.5 | 12.5 | 18.0 | 11.5 |
| 11           | 12.5       | 15.5 | 8.0  | 8.5  | 17.0 | 12.5 | 13.0 | 15.0 | 9.0  | 8.5  | 17.5 | 12.0 | 12.5 | 15.5 | 8.0  |
| 12           | 16.5       | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 10.5 | 16.5 | 17.5 | 15.0 | 15.0 | 16.0 | 10.0 | 16.5 | 16.5 | 15.5 | 15.5 |
| 13           | 2.0        | 2.0  | 5.0  | 2.5  | 7.0  | 1.5  | 2.0  | 2.0  | 5.5  | 2.5  | 6.0  | 1.5  | 2.0  | 2.0  | 5.0  |
| 14           | 2.0        | 2.0  | 2.0  | 2.5  | 2.5  | 3.5  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 2.5  | 2.5  | 3.5  | 2.0  | 2.0  | 2.0  |
| 15           | 2.0        | 4.0  | 2.0  | 2.5  | 5.5  | 1.5  | 2.0  | 4.0  | 2.0  | 2.5  | 5.0  | 1.5  | 2.0  | 4.0  | 2.0  |
| 16           | 12.5       | 7.0  | 8.0  | 8.5  | 10.5 | 8.5  | 13.0 | 7.0  | 9.0  | 8.5  | 10.0 | 8.0  | 12.5 | 7.0  | 8.0  |
| 17           | 12.5       | 11.5 | 15.5 | 15.5 | 10.5 | 3.5  | 13.0 | 11.0 | 15.0 | 16.0 | 10.0 | 3.5  | 12.5 | 11.5 | 15.5 |
| 18           | 12.5       | 11.5 | 8.0  | 15.5 | 10.5 | 8.5  | 13.0 | 11.0 | 9.0  | 16.0 | 10.0 | 8.0  | 12.5 | 11.5 | 8.0  |

### **Anexo 7b**

#### **Valores transformados a rangos del Atributo color**

| Tratamientos | Panelistas |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| 1            | 12.0       | 10.0 | 17.5 | 10.0 | 10.0 | 8.0  | 17.5 | 9.0  | 13.0 | 11.0 | 13.5 | 7.0  | 12.0 | 10.0 | 17.5 |
| 2            | 3.5        | 10.0 | 12.0 | 15.5 | 3.5  | 8.0  | 11.0 | 14.5 | 7.0  | 11.0 | 8.5  | 11.0 | 3.5  | 10.0 | 12.0 |
| 3            | 3.5        | 10.0 | 12.0 | 15.5 | 3.5  | 8.0  | 11.0 | 14.5 | 7.0  | 11.0 | 8.5  | 11.0 | 3.5  | 10.0 | 12.0 |
| 4            | 17.5       | 15.5 | 7.0  | 15.5 | 13.5 | 12.0 | 4.5  | 14.5 | 17.5 | 16.5 | 4.0  | 11.0 | 17.5 | 15.5 | 7.0  |
| 5            | 6.5        | 15.5 | 17.5 | 10.0 | 6.5  | 12.0 | 17.5 | 9.0  | 9.0  | 16.5 | 13.5 | 7.0  | 6.5  | 15.5 | 17.5 |
| 6            | 17.5       | 10.0 | 12.0 | 15.5 | 13.5 | 8.0  | 11.0 | 14.5 | 17.5 | 11.0 | 8.5  | 11.0 | 17.5 | 10.0 | 12.0 |
| 7            | 12.0       | 10.0 | 2.0  | 5.0  | 6.5  | 16.0 | 11.0 | 9.0  | 2.0  | 5.0  | 8.5  | 16.0 | 12.0 | 10.0 | 2.0  |
| 8            | 6.5        | 1.0  | 2.0  | 4.0  | 10.0 | 12.0 | 4.5  | 1.0  | 2.0  | 4.0  | 8.5  | 11.0 | 6.5  | 1.0  | 2.0  |
| 9            | 12.0       | 5.0  | 6.0  | 6.5  | 10.0 | 16.0 | 11.0 | 5.0  | 7.0  | 6.5  | 8.5  | 16.0 | 12.0 | 5.0  | 6.0  |
| 10           | 12.0       | 18.0 | 12.0 | 10.0 | 16.5 | 16.0 | 11.0 | 18.0 | 13.0 | 11.0 | 16.5 | 16.0 | 12.0 | 18.0 | 12.0 |
| 11           | 12.0       | 5.0  | 12.0 | 10.0 | 16.5 | 16.0 | 11.0 | 5.0  | 13.0 | 11.0 | 16.5 | 16.0 | 12.0 | 5.0  | 12.0 |
| 12           | 12.0       | 15.5 | 12.0 | 15.5 | 10.0 | 16.0 | 11.0 | 14.5 | 13.0 | 16.5 | 8.5  | 16.0 | 12.0 | 15.5 | 12.0 |
| 13           | 3.5        | 2.5  | 4.5  | 2.0  | 3.5  | 2.0  | 2.5  | 2.5  | 4.5  | 2.0  | 2.5  | 2.0  | 3.5  | 2.5  | 4.5  |
| 14           | 3.5        | 2.5  | 2.0  | 2.0  | 1.0  | 2.0  | 2.5  | 2.5  | 2.0  | 2.0  | 1.0  | 2.0  | 3.5  | 2.5  | 2.0  |
| 15           | 1.0        | 5.0  | 4.5  | 2.0  | 3.5  | 2.0  | 1.0  | 5.0  | 4.5  | 2.0  | 2.5  | 2.0  | 1.0  | 5.0  | 4.5  |
| 16           | 12.0       | 15.5 | 12.0 | 15.5 | 16.5 | 8.0  | 11.0 | 14.5 | 13.0 | 16.5 | 16.5 | 7.0  | 12.0 | 15.5 | 12.0 |
| 17           | 12.0       | 10.0 | 12.0 | 10.0 | 16.5 | 4.5  | 11.0 | 9.0  | 13.0 | 11.0 | 16.5 | 4.5  | 12.0 | 10.0 | 12.0 |
| 18           | 12.0       | 10.0 | 12.0 | 6.5  | 10.0 | 4.5  | 11.0 | 9.0  | 13.0 | 6.5  | 8.5  | 4.5  | 12.0 | 10.0 | 12.0 |

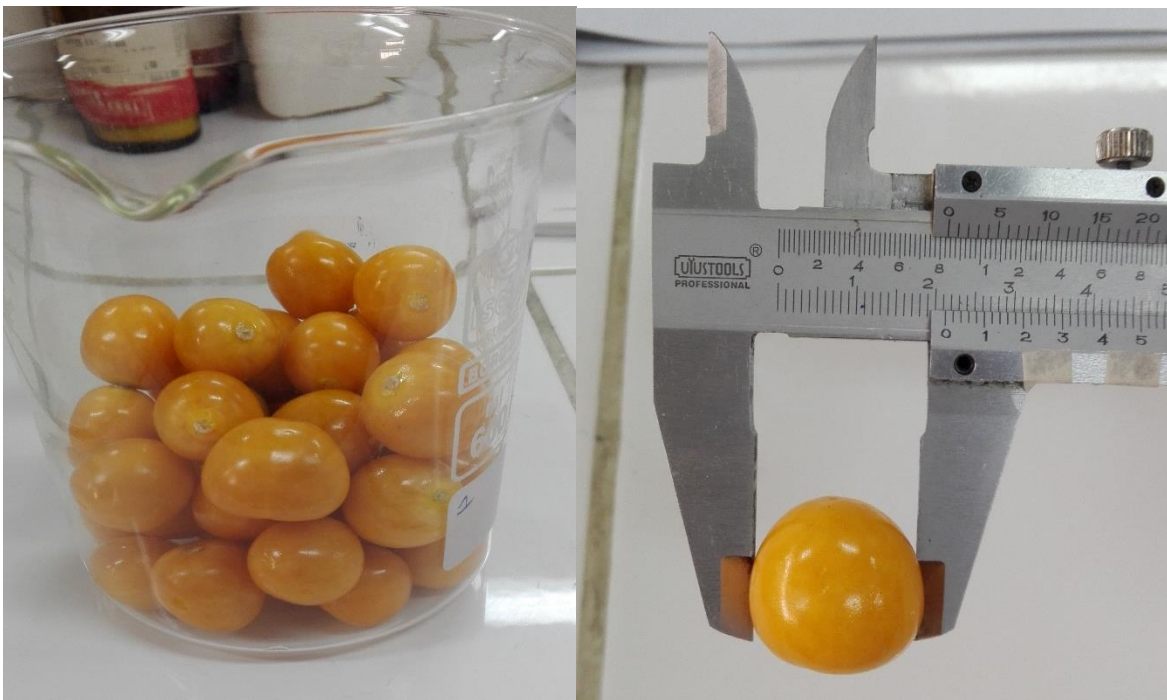
## **Anexo 8**

### ***Fotografías de la parte experimental***



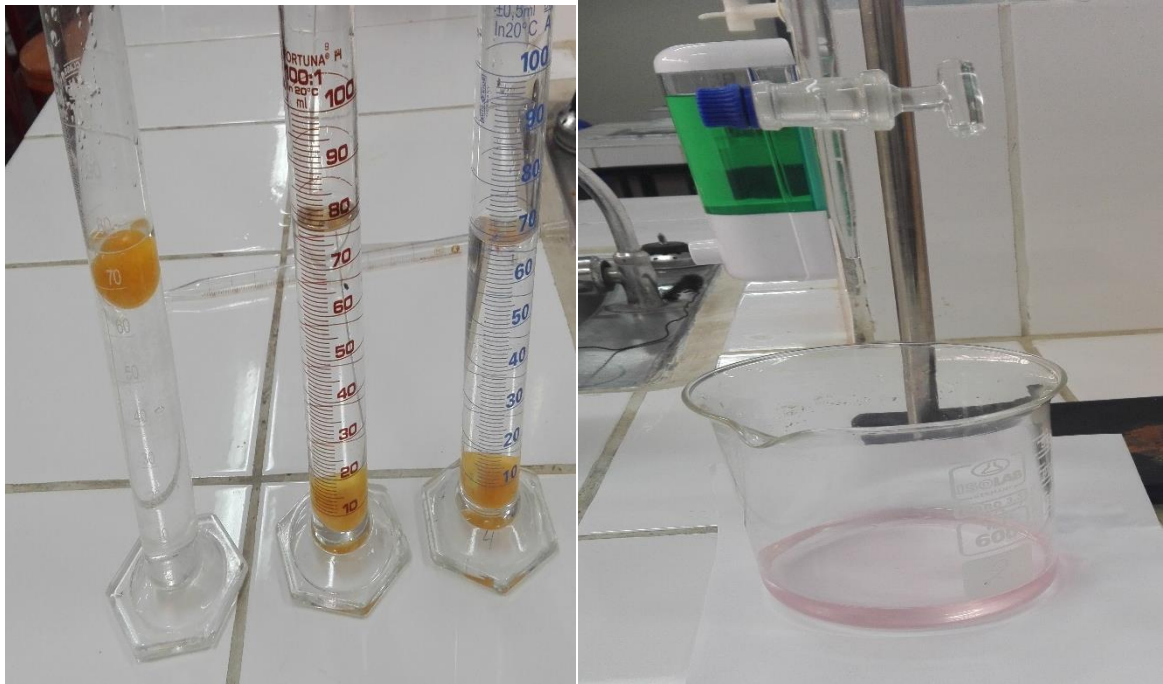
***Fotografía 1***

***Fruto del aguaymanto completo con sus brácteas***



***Fotografía 2***

***Izquierda: Fruto del aguaymanto. Derecha: Medida biométrica del fruto***



**Fotografía 3**

***Izquierda: Medidas de biométricas del fruto. Derecha: Titulación del zumo de aguaymanto***



**Fotografía 4**

***Selección y clasificación de los frutos de aguaymanto***





***Fotografía 5***

***Izquierda: Semilla de chía. Derecha: Hhidratación de la semilla de chía***



***Fotografía 6***

***Obtención del mucílago de la semilla de chía***



**Fotografía 7**

***Recubrimiento comestible con mucílago de chía***



**Fotografía 8**

***Recubrimiento comestible con mucílago de sábila***





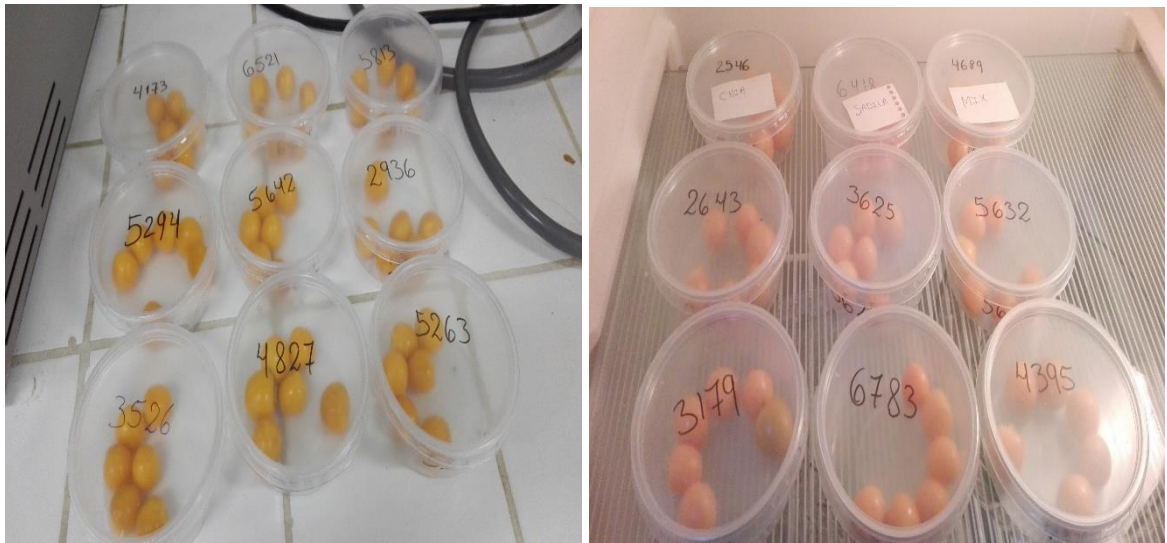
**Fotografía 9**

***Preparación de muestras con recubrimiento comestible***



**Fotografía 10**

***Muestras recubiertas envasadas y codificadas listas para su almacenaje***



**Fotografía 11**

***Muestras recubiertas envasadas almacenadas al medio ambiente y refrigeración***