

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Estudio de atributos de calidad de golden berries (*Physalis peruviana*  
L.) bajo dos condiciones de almacenamiento**

**POR**

**BERTHA GUAJARDO PAZ**

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**Junio de 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Estudio de atributos de calidad de golden berries (*Physalis peruviana* L.) bajo dos  
condiciones de almacenamiento**

**T E S I S**

Presentada por

**BERTHA GUAJARDO PAZ**

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**A P R O B A D A**

M.P. Francisco Hernández Centeno  
**Presidente**

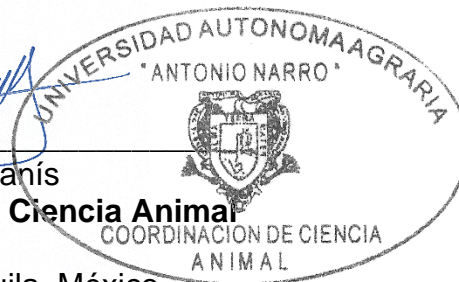
Dra. María Hernández González  
**Vocal**

M.C. Haydee Yajaira López De la Peña  
**Vocal**

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez  
**Vocal suplente**

Dr. José Dueñez Alanís  
**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México



Junio de 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Estudio de atributos de calidad de golden berries (*Physalis peruviana* L.) bajo dos  
condiciones de almacenamiento**

**T E S I S**

Presentada por

**BERTHA GUAJARDO PAZ**

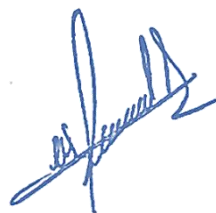
y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

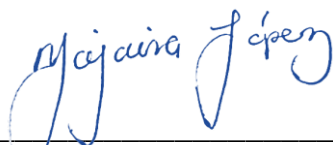
**Fue dirigida por el siguiente comité:**



M.P. Francisco Hernández Centeno  
**Asesor principal**



Dra. María Hernández González  
**Co-asesor**



M.C. Haydeé Yajaira López De la Peña  
**Co-asesor**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2022

## **DEDICATORIAS**

Con mucho cariño para:

- ❖ Los docentes de los diferentes grados de estudio que tuve.
- ❖ Mi familia y personas cercanas.
- ❖ El prójimo hermano en general.

## AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a:

- ❖ El Padre Todopoderoso por su protección y amor;
- ❖ Mi familia: Oscar Guajardo Ríos, María Paz Ponce, Jesús e Isaac Guajardo Paz por su apoyo, comprensión y motivación;
- ❖ Mis amistades: Ana María Ángel Sánchez egresada de la carrera de ICTA y demás amistades de la universidad;
- ❖ Los docentes, que tuve en la universidad: tutora Diana Isela Rodríguez Durón y demás profesores;
- ❖ Mis asesores: Francisco Hernández Centeno por el tiempo compartido, la colaboración y confianza, igualmente a María Hernández González, y todas aquellas personas que de algún modo me apoyaron.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIAS</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	12
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	13
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	14
4.1. General. ....	14
4.2. Específicos. ....	14
<b>5. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	15
5.1. Importancia de las frutas frescas en la nutrición humana .....	15
5.2. Principales atributos de calidad de las frutas frescas .....	17
5.3. Deterioro común en frutas frescas por daños mecánicos .....	19
5.4. Deterioro común de frutas frescas por agentes biológicos .....	21
5.5. Evaluación del deterioro en frutas frescas .....	24
5.6. Métodos de conservación de frutas frescas .....	26
5.7. El golden berrie ( <i>Physalis peruviana</i> ) .....	27
5.8. Clasificación taxonómica .....	28
5.9. Composición química .....	29
5.10. Atributos de calidad más valorados .....	30
5.11. Producción mundial y nacional .....	31
5.12. Demanda nacional .....	32
5.13. Principales factores de deterioro .....	34

5.14.	Principales métodos de conservación.....	34
<b>6.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>37</b>
6.1.	Determinación de calibre (tamaño) .....	37
6.2.	Determinación de color .....	38
6.3.	Determinación de °Brix.....	38
6.4.	Determinación de pH.....	38
6.5.	Análisis de perfil de textura (TPA).....	39
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
7.1.	Determinación de calibre (tamaño) .....	40
7.2	Determinación de Color .....	41
7.3	Determinación de °Brix y pH .....	44
7.4	Análisis de perfil de textura (TPA).....	48
7.4.1.	Dureza .....	48
7.4.2.	Fracturabilidad .....	50
7.4.3.	Cohesividad .....	51
7.4.4.	Elasticidad .....	52
7.4.5.	Gomosidad .....	53
7.4.6.	Masticabilidad .....	55
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>9.</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>58</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Golden berries de un estudio afectados por <i>Botrytis Cinerea</i> (Erper, I., et al., 2015).....	23
<b>Figura 2.</b> Golden berries ( <i>P. peruviana</i> ) afectados por la temperatura ambiente tras 16 días. ....	24
<b>Figura 3.</b> Golden berries ( <i>P. peruviana</i> ) en estado de maduración dentro del cáliz. ....	28
<b>Figura 4.</b> Volumen de los frutos en función al tiempo, según condición de almacenamiento. ....	40
<b>Figura 5.</b> Luminosidad de los frutos en función al tiempo, según condición de almacenamiento. ....	42
<b>Figura 6.</b> Coordenadas de color a* y b* de los frutos en función al tiempo, según condición de almacenamiento. ....	43
<b>Figura 7.</b> Coordenadas de color, según condición de almacenamiento. ....	44
<b>Figura 8.</b> Dulzor de los frutos expresado en °Brix a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	46
<b>Figura 9.</b> Comportamiento del pH a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	46
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de la dureza (firmeza) del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	49
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de la fracturabilidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	51
<b>Figura 12.</b> Comportamiento de la cohesividad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	52
<b>Figura 13.</b> Comportamiento de la elasticidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	53
<b>Figura 14.</b> Comportamiento de la gomosidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....	54



**Figura 15.** Comportamiento de la masticabilidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento. ....55

## INDICE DE CUADROS

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Physalis peruviana*. ....29

## RESUMEN

La golden berry (*Physalis peruviana* L.) es un fruto exótico oriundo del altiplano andino que ha llamado recientemente la atención por sus compuestos bioactivos, por lo que es necesario contar con información técnica de su comportamiento en cuanto a atributos de calidad durante su almacenamiento con la finalidad de apoyar la toma de decisiones durante el proceso de comercialización desde la cosecha hasta el expendio de esta fruta. Se realizó la recolección de frutos en invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah., se trasladaron al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la misma universidad para la evaluación de la evolución de los frutos recién cosechados durante el almacenamiento y se tomaron en cuenta los atributos de calidad que se consideraron de mayor impacto desde el punto de vista de los posibles consumidores: calibre (volumen), color, °Brix (dulzor), pH (acidez) y el perfil de textura (TPA) en cuanto a los parámetros de dureza, fracturabilidad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. En cuanto al calibre, se obtuvo una disminución del mismo al transcurso de tiempo, disminución de la luminosidad y un cambio de tonalidad del amarillo pálido al amarillo intenso que se desarrolló más en los frutos no refrigerados; en cuanto al dulzor, su comportamiento resultó en ciclos, congruente con la generación y consumo de azúcares por las células de los frutos, con picos de dulzor mayores en frutos no refrigerados, la tendencia de aumento en la acidez fue más pronunciada para los frutos refrigerados. En cuanto al TPA, todos los parámetros tuvieron un mejor comportamiento para los frutos refrigerados en cuanto a apariencia, quedando pendiente la evaluación de la experiencia del consumidor en cuanto a todos los atributos evaluados en este estudio. Por lo anterior, se considera que las golden berries no refrigeradas pudieran tener una mejor aceptación en cuanto a atributos de color y sabor, pero se pudieran deteriorar más rápidamente que las frutas refrigeradas, las cuales tendrían que sacrificar la intensidad de esos atributos para poder ofertarse con una apariencia más firme por más tiempo en los puntos de expendio.

**Palabras clave:** calibre, color, °Brix, pH, perfil de textura.

## 1. INTRODUCCIÓN

Como todas las frutas frescas, las uchuvas o golden berries (*P. peruviana*) está sujeta a los naturales procesos fisiológicos que llevan al envejecimiento o senescencia como organismos vivos que son. El ser humano aprovecha los frutos para su beneficio y, en general, las frutas son apreciadas por su sabor, su color, textura, aroma y su contenido en fibra, vitaminas y minerales.

Conservar las frutas en estado fresco por tiempos prolongados siempre ha sido un reto, debido a lo descrito anteriormente, y lo cual es necesario para su oferta a un mercado consumidor exigente, o bien para su procesamiento y transformación en otros productos con una vida de anaquel mayor, aunque buena parte de los consumidores las demandan en estado fresco para disfrutar de sus atributos naturales.

No todas las frutas desarrollan un ritmo metabólico uniforme, y algunas envejecerán con mayor rapidez que otras, y debido a ello los métodos de conservación de sus características cobran especial importancia, pues son un factor esencial a lo largo de los procesos de distribución y expendio de las frutas frescas.

Las golden berries o uchuvas no escapan a este supuesto, y en este estudio se desarrolló una serie de pruebas que buscaron evaluar los atributos de calidad más que se han considerado de mayor impacto para el consumidor, evaluándolos a lo largo de un periodo equivalente utilizando 2 condiciones de almacenamiento: temperatura ambiente y refrigeración, esto con la finalidad de conocer los cambios en dichos atributos, facilitando la toma de decisiones, según las condiciones de la cadena de suministro y el tamaño geográfico del mercado potencial.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El tratamiento y conservación de frutas frescas demanda la generación de conocimiento que aporte a facilitar la toma de decisiones en las cadenas de comercialización de este tipo de bienes perecederos. La conservación de las características o atributos de los frutos frescos que son más apreciados por los consumidores facilitan su comercialización en los puntos de venta; sin embargo, los procesos metabólicos no se detienen en los frutos, al ser órganos vivos cuyas funciones vitales, como la respiración, continúan, y son responsables de los cambios y pérdida de dichos atributos.

La evaluación de las características o propiedades apreciadas en los frutos frescos, tales como el color, el dulzor y la textura, a lo largo del tiempo a partir de la cosecha, es un imperativo que permite la generación de información para la toma de decisiones sobre el destino comercial de esos frutos.

Varias metodologías de conservación se han utilizado desde tiempos inmemoriales, aunque el desarrollo de características deseadas en este tipo de productos a través de su maduración natural suele ser bien visto por los consumidores en general, aunque la demanda cada vez más creciente de este tipo de alimentos obliga al uso de dichas metodologías de conservación, entre ellas una de las más antiguas: el control de la temperatura (refrigeración en este caso).

Las uchuvas o golden berries (*P. peruviana*) son frutos exóticos en México, por lo que la evaluación de sus atributos de calidad en cuanto a color, dulzor (°Bx), acidez (pH) y textura a través del tiempo, brindarán información importante para su comercialización, para lo cual se desarrolló este estudio en las condiciones descritas en la metodología.

### 3. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** Las golden berries (*P. peruviana*) conservan sus atributos de color, dulzor, pH y textura en condiciones de refrigeración por al menos 10 días naturales, en comparación con las almacenadas a temperatura ambiente.

**H<sub>a</sub>:** Las golden berries (*P. peruviana*) son afectadas negativamente en sus atributos de color, dulzor, pH y textura en condiciones de refrigeración por al menos 10 días naturales, en comparación con las almacenadas a temperatura ambiente.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General.**

Evaluar los atributos de calidad (color, °Bx, pH y textura) de las golden berries (*P. peruviana*) en dos condiciones de almacenamiento: refrigeración (4 a 6 °C) y temperatura ambiente, con la finalidad de obtener información para la toma de decisiones durante la cadena de comercialización de estos frutos.

### **4.2. Específicos.**

4.2.1. Obtener frutos golden berries (*P. peruviana*) recién cosechadas.

4.2.2. Someter los frutos a dos condiciones de almacenamiento por al menos 10 días.

4.2.3. Evaluar los atributos de calidad: calibre (mm), color, °Brix y pH.

4.2.4. Evaluar el perfil de textura (TPA) de los frutos a través del tiempo en ambas condiciones de almacenamiento.

## **5. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **5.1. Importancia de las frutas frescas en la nutrición humana**

Las frutas y vegetales saben bien y hacen bien. Cada color tiene un beneficio diferente, por eso se recomienda comer un arcoíris de frutas y verduras cada día. Su consumo habitual ayuda a prevenir enfermedades cardíacas, diabetes, y ciertas formas de cáncer (Graziose, 2016).

Históricamente han ocupado un lugar en la orientación dietética debido a sus concentraciones de vitaminas, especialmente las vitaminas C y A; minerales, especialmente electrolitos, y, más recientemente, fitoquímicos, especialmente antioxidantes (Slavin y Lloyd, 2012).

Como afirman Slavin y Lloyd (2012), las frutas y verduras de color naranja a menudo tienen un alto contenido de carotenoides y se colocan en una categoría separada. Sin embargo, muchas verduras de color verde oscuro (es decir, las espinacas) también tienen un alto contenido de carotenoides. Ciertas frutas y verduras son fuentes ricas en vitamina C (frutas cítricas, fresas, pimientos verdes, patatas blancas), otras frutas y verduras, incluidas aguacate, maíz, papas y frijoles secos, son ricos en almidón, mientras que los camotes son principalmente sacarosa, no almidón. Las frutas (excepto los plátanos) y las verduras de color verde oscuro contienen poco o nada de almidón.

Un mayor consumo de alimentos de origen vegetal desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas, como enfermedades cardíacas, cáncer, accidente cerebrovascular, diabetes, enfermedad de Alzheimer, cataratas y deterioro funcional relacionado con la edad. Se estima que un tercio de todas las muertes por cáncer en los Estados Unidos podría prevenirse mediante la modificación de la dieta.

Las Guías Alimentarias para los estadounidenses de 2010 recomiendan que la mayoría de las personas, basándose en una dieta de 2000 kcal, coman al menos 9 porciones de frutas y verduras por día, 4 porciones de frutas y 5 porciones de verduras. En realidad, un estudio de 2010 encontró que el consumo promedio de frutas y verduras en los Estados Unidos es de solo 3,6 porciones de frutas y verduras (1,4 porciones de frutas y 2,2 porciones de verduras) por persona por día. La brecha entre la recomendación y el consumo es enorme (Liu, 2013).

Una amplia variedad de frutas y verduras proporciona una variedad de nutrientes y diferentes compuestos bioactivos que incluyen fitoquímicos (fenólicos, flavonoides y carotenoides), vitaminas (vitamina C, ácido fólico y provitamina A), minerales (potasio, calcio y magnesio) y fibras. Una de las hipótesis sobre los beneficios para la salud de las frutas y verduras se atribuye a la sinergia o interacciones de compuestos bioactivos y otros nutrientes en alimentos integrales (es decir, íntegros o mínimamente procesados) (Liu, 2013).

Los macronutrientes comprenden carbohidratos, grasas y proteínas. La energía utilizada para la homeostasis metabólica, la termorregulación, la actividad física y el funcionamiento normal de los órganos se obtiene de la oxidación de estos macronutrientes. Pero hablando de micronutrientes (oligoelementos y vitaminas) son componentes dietéticos necesarios para mantener la salud. La mayoría de los oligoelementos parecen funcionar como cofactores de varias enzimas. Las vitaminas tienen muchas funciones en el metabolismo intermedio y en el metabolismo especializado de órganos específicos (Costa-Pinto y Gantner, 2020).



La deficiencia de minerales afecta la salud. La deficiencia de hierro y cobre causa anemia, la deficiencia de zinc causa úlceras en la piel y depresión de la inmunidad, la deficiencia de yodo causa trastornos de la tiroides, la deficiencia de cromo causa resistencia a la insulina y la deficiencia de flúor se asocia con caries dental. Algunos minerales pueden tener efectos tóxicos en concentraciones excesivas. La sobrecarga de hierro causa hemocromatosis y el exceso de cobre causa daño neurológico (enfermedad de Wilson). Por otro lado, las vitaminas se definen como componentes dietéticos orgánicos que no funcionan proporcionando energía, pero que aún son necesarios para mantener la salud. Tienen muchas funciones en el metabolismo intermedio y en el metabolismo especializado de órganos específicos. Las vitaminas son solubles en agua o solubles en grasa. La ingesta inadecuada de vitaminas da lugar a una variedad de síndromes de deficiencia. Por otro lado, grandes dosis de vitaminas liposolubles como A, D, y K tienen efectos tóxicos (Costa-Pinto y Gantner, 2020).

## **5.2. Principales atributos de calidad de las frutas frescas**

La calidad es un término que se utiliza con frecuencia en los estudios de poscosecha.

La mayoría de los investigadores, productores y manipuladores de poscosecha están orientados al producto en el sentido de que la calidad se describe mediante atributos específicos de la fruta o verdura en sí, como el contenido de azúcar, el color o la firmeza. Es más probable que los consumidores, los especialistas en marketing y los economistas se orienten al consumidor en el sentido de que la calidad se describe en función de los deseos y necesidades del consumidor (Shewfelt, 1999).

La estimación de la vida útil de un alimento fresco se puede evaluar desde la perspectiva del producto y / o del consumidor; una visión del producto se relaciona con los cambios que ocurren en la fruta, como cambios microbiológicos, físicos, químicos, bioquímicos, y el punto de vista del consumidor se basa en la evaluación sensorial (Van Boekel, 2009; Olivares-Tenorio *et al.*, 2017).

Como afirman Barrett *et al.* (2010), el color, el sabor, la textura y el valor nutricional de las frutas y verduras recién cortadas son factores críticos para la aceptación del consumidor y el éxito de estos productos. En concreto, las características que imparten una calidad distintiva a las frutas y verduras frescas pueden describirse mediante cuatro atributos diferentes: 1) color y apariencia, 2) sabor (sabor y aroma), 3) textura y 4) valor nutricional.

La forma, el tamaño, el brillo y el color vibrante de una fruta o verdura nos atraen y nos incitan a recogerla con la mano o con un tenedor. Una vez que nos atrae la apariencia y el color de un producto, lo metemos en la boca, donde el aroma y el sabor se hacen cargo. La frescura, el picante, la dulzura y otros atributos del sabor son fundamentales para nuestro placer de comer. El aroma se refiere al olor de una fruta o un producto vegetal, mientras que el sabor incluye tanto el aroma como el sabor. Una vez que el producto se coloca en la boca, se puede percibir la suavidad, el grosor, la firmeza, la dureza o el crujiente del material de la fruta o verdura. El valor nutricional es un componente de calidad extremadamente importante que es imposible de ver, saborear o sentir. Los nutrientes son fundamentales para el crecimiento y el desarrollo a largo

plazo de nuestro cuerpo e incluyen tanto "micro" nutrientes como "macro" nutrientes. (Barrett *et al.*, 2010).

Factores previos a la cosecha afectan la calidad de la fruta fresca recién cortada. Del mismo modo los factores de postcosecha afectan la calidad de la fruta lista para consumir. Por ejemplo, la guanábana a temperatura ambiente tiene una vida útil limitada a cinco días cuando se ha recolectado en su madurez fisiológica (Coêlho de Lima y Alves, 2011).

Dorais y Ehret (2008) afirman que la influencia de las condiciones climáticas, las prácticas culturales, la etapa de madurez en la cosecha, el transporte, las condiciones de almacenamiento, el procesamiento y la manipulación por parte de los consumidores sobre los componentes de la fruta que promueven la salud se han estudiado ampliamente durante la última década. Por ejemplo, el ácido ascórbico está influenciado por varios factores previos a la recolección y es susceptible de pérdidas significativas durante el manejo y almacenamiento poscosecha (Lee y Kader, 2000). Por el contrario, el contenido de ciertos carotenoides y fenólicos es más estable y puede aumentar con las condiciones de almacenamiento adecuadas.

Controlar la calidad de la fruta en la cadena de producción y suministro, desde la semilla hasta el plato de los consumidores mejora el valor nutricional de las frutas, así como sus características físicas deseables.

### **5.3. Deterioro común en frutas frescas por daños mecánicos**

Las frutas frescas son susceptibles a magulladuras, un tipo común de daño mecánico durante la cosecha y etapas de manejo poscosecha. Las fuerzas de compresión excesivas durante la recolección a mano o las máquinas, y una serie de impactos

durante las operaciones de recolección, transporte y empaque pueden causar daños graves por magulladuras (Hussein *et al.*, 2019).

Los hematomas dependen además de otros factores como lo es la maduración, el tiempo de cosecha (durante el día o la temporada) y el lapso después de la cosecha. La susceptibilidad a las magulladuras depende en parte de cómo estos factores alteran las propiedades fisiológicas y bioquímicas del producto, y de las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y varios otros tratamientos poscosecha (Hussein *et al.*, 2019).

El daño por magulladuras de las frutas frescas es un problema importante en la industria hortícola, que puede ocurrir durante la precosecha, la cosecha y en todas las etapas de la cadena de manipulación poscosecha. Este daño puede causar considerables pérdidas poscosecha y económicas, reducir la calidad del producto y resultar en serios problemas de seguridad alimentaria (Hussein *et al.*, 2018).

Hussein *et al.*, (2018) afirman que algunos de los principales factores previos a la cosecha que los productores podrían manipular, en un intento por reducir el daño por magulladuras de las frutas frescas durante el manejo poscosecha incluyen: (1) genéticos (especie / genotipo); (2) climática y ambiental; (3) variación estacional; (4) prácticas de manejo de huertas; y (5) efecto de las propiedades de la fruta. Las prácticas de manejo de los huertos, como el riego y la fertilización, podrían ser una estrategia importante para manipular la resistencia mecánica de la fruta a fin de mejorar la resistencia a las magulladuras.

Por su parte, Hussein *et al.* (2019) mencionan que el uso de personal capacitado y el equipo de recolección adecuado son esenciales para reducir tanto la incidencia como la

gravedad de los hematomas. Además, la selección cuidadosa de la temperatura de manipulación poscosecha y otros tratamientos pueden aumentar la resistencia de los productos frescos al daño por magulladuras.

#### **5.4. Deterioro común de frutas frescas por agentes biológicos**

Las frutas y verduras recién cortadas ofrecen a los consumidores productos listos para comer, productos que son de uno o varios sabores convenientes, nutritivos y frescos, y son una categoría de rápido crecimiento de productos agrícolas con valor agregado que son mínima o ligeramente procesado. Los defectos de deterioro microbiológico de frutas y verduras recién cortadas incluyen la formación de colonias microbianas o el crecimiento microbiano visible principalmente debido a la proliferación de microorganismos, la formación de aromas y sabores desagradables principalmente debido a la fermentación del azúcar, la pudrición blanda bacteriana y la viscosidad debido a enzimas y decoloración (Barth *et al.*, 2009).

Dado que las frutas y verduras recién cortadas son tejidos por así decirlo heridos, hay mayores posibilidades de crecimiento microbiano, lo que puede causar descomposición y problemas de seguridad. Las frutas recién cortadas tienen superficies de corte no estériles, que son fisiológicamente activas y ricas en nutrientes y agua. Por lo tanto, tanto los microorganismos patógenos como los de descomposición tienen un medio perfecto para crecer y multiplicarse rápidamente. Además, estas frutas y verduras pueden actuar como vehículos de transmisión de patógenos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. Estos microorganismos patógenos pueden provocar graves brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (Yousuf *et al.*, 2020).

Yousuf *et al.* (2020) concluyeron que el deterioro a menudo da como resultado un perfil organoléptico bajo, una vida útil corta y pérdidas económicas elevadas, así como un aumento de los riesgos para la salud pública.

Moss, (2008), menciona tres patógenos comunes en frutas y verduras frescas: *Botrytis cinérea*, *Penicillium*, y las especies *Rhizopus stolonifer* y *Mucor piriformis*:

### ***Botrytis cinérea***

Cualquiera que disfrute de las frutas frescas, especialmente las fresas, debe haberse encontrado con el moho gris (*Botrytis cinerea*). Este moho tiene una amplia gama de huéspedes y puede causar el deterioro de frutas como frambuesas, fresas, uvas, kiwis, peras, melocotones, ciruelas y cerezas, del mismo modo puede presentarse en zanahorias, lechugas, guisantes y frijoles, de hecho, es patógeno para más de 200 especies de plantas. Se sabe que es un organismo de deterioro de las uvas; sin embargo, hay una situación en la que *B. cinerea* aumenta el valor de este producto dando lugar a lo que se conoce como la 'podredumbre noble' cuando la infección es más leve y las uvas se secan lentamente volviéndose más ricas en azúcares fermentables y sabores. Estas uvas se utilizan luego en la producción de vinos de postre de alta calidad.

Un estudio en Turquía encontró un reporte de *Botrytis cinérea* en Golden berries tras aislar el agente causal de las uchuvas raspando conidios y suspendiéndolos en agua destilada estéril esparcidas sobre placas de papa dextrosa agar (PDA) e incubado a 23°C. Los cultivos fúngicos de esporas individuales fueron primero incoloros y luego se volvieron grises a marrones cuando se formaron los conidióforos y los conidios. (Erper, *et al.*, 2015).



**Figura 1.** Golden berries de un estudio afectados por *Botrytis Cinerea* (Erper, I., et al., 2015).

## **Penicillium**

Entre las especies más comúnmente encontradas que causan el deterioro de la fruta se encuentran *Penicillium italicum*, asociada con la pudrición azul de los cítricos, *Penicillium digitatum* que causa una pudrición verde rápida y devastadora de los cítricos, y *Penicillium expansum*, la pudrición azul de las manzanas y las peras. Aparte de la posibilidad de una respuesta alérgica a la enorme cantidad de esporas secas transportadas por el aire producidas por *P. italicum* y *P. digitatum*, especialmente este último, no existen riesgos especiales para la salud asociados con estas especies, ya que la fruta podrida generalmente se descarta. Este no es siempre el caso de *P. expansum*, que produce la micotoxina patulina. Las especies de *Penicillium* no se asocian a menudo con verduras frescas, pero algunas, como *Penicillium glabrum* y *Penicillium funiculosum*, pueden causar deterioro y enfermedades de las cebollas.

## ***Rhizopus stolonifer* y *Mucor piriformis***

*Rhizopus stolonifer* y *Mucor piriformis* son responsables de la rápida descomposición de frutos rojos como frambuesas, estos mohos pueden propagarse rápidamente, especialmente en productos almacenados a temperaturas superiores a 20 ° C. *M. piriformis* se ha descrito como un patógeno destructivo de las fresas (Snowden 1990, 1991) y varias especies de *Rhizopus*, especialmente *Rhizopus sexualis*, son patógenas para las fresas y provocan una pudrición blanda (Harris y Dennis 1980). Tanto *Rhizopus* como *Mucor* pueden provocar graves pérdidas de tomates.



**Figura 2.** Golden berries (*P. peruviana*) afectados por la temperatura ambiente tras 16 días.

### **5.5. Evaluación del deterioro en frutas frescas**

Todos y cada uno de los productos alimenticios albergan su propia microflora específica y característica en un momento dado durante la producción y el almacenamiento. Esta microflora es una función de la flora de la materia prima, las condiciones de procesamiento, conservación y almacenamiento. A pesar de la heterogeneidad en las materias primas y las condiciones de procesamiento, la microflora que se desarrolla



durante el almacenamiento y en los alimentos que se echan a perder se puede predecir con base en el conocimiento del origen de los alimentos, la base del sustrato y algunos parámetros centrales de conservación como lo son la temperatura, la atmósfera, y el pH. Con base a esto, se pueden realizar análisis sensoriales, químicos y microbiológicos de los productos individuales para determinar el organismo de descomposición específico real. En general, se requiere una combinación cuidadosa de microbiología, análisis sensoriales y química. La definición y evaluación del deterioro de los alimentos se basa en la evaluación sensorial. En el punto de rechazo sensorial (deterioro), la llamada microflora de deterioro (o asociación de deterioro) está compuesta por microorganismos que han contribuido al deterioro y microorganismos que han crecido, pero no causaron cambios desagradables. Los primeros son los llamados organismos de deterioro específico, por sus siglas en inglés (SSO) del producto. El potencial de deterioro de un microorganismo es la capacidad de un cultivo puro para producir los metabolitos asociados con el deterioro de un producto en particular. Por lo tanto, debe evaluarse si los niveles del organismo particular alcanzados en los alimentos que se descomponen naturalmente son capaces de producir la cantidad de metabolitos asociados con la descomposición para determinar qué microorganismos son los SSO de un producto alimenticio en particular (Gram *et al.*, 2002).

Los organismos principales que causan el deterioro poscosecha en los productos frescos son el moho gris (*Botrytis cinerea* Pers. Ex. Fr.) y la pudrición de *Rhizopus* (*Rhizopus stolonifer* Ehrenb. Fr. Vuill) (Vardar *et al.*, 2012; Wei, *et al.*, 2017).

## **5.6. Métodos de conservación de frutas frescas**

Las frutas y verduras son muy perecederas y se estropean fácilmente por una serie de factores, incluido el crecimiento de microorganismos de descomposición, enzimas naturales presentes en los productos frescos, reacciones químicas y cambios estructurales (Khurdiya, 1995; Seymour, 2003).

La calidad y la seguridad de las frutas y hortalizas frescas dependen en gran medida de su flora microbiológica y de las condiciones de almacenamiento. Cada etapa de la producción, desde el crecimiento del cultivo primario hasta el consumo final, puede influir en la microbiología de los productos frescos. El crecimiento, la manipulación y el procesamiento inadecuados pueden aumentar las poblaciones de microorganismos, lo que a su vez puede comprometer la calidad, acortar la vida útil y aumentar los riesgos para la seguridad (Seymour, 2003).

La prevención de la contaminación es probablemente el método más eficaz de garantizar la seguridad alimentaria. Esto se puede lograr mediante la aplicación de los principios de la alimentación Higiene y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) (Seymour, 2003).

El término "procesamiento mínimo" cubre una amplia gama de tecnologías y métodos para la conservación de alimentos durante su transporte desde el lugar de producción agrícola hasta el consumidor. Todos los métodos de procesamiento mínimo involucran procedimientos de procesamiento que cambian los atributos de frescura inherentes a los alimentos lo más posible (mínimamente) pero al mismo tiempo otorgan al producto alimenticio una vida útil suficiente para su transporte desde la planta de procesamiento hasta los consumidores (Ohlsson, 1994).

Con el fin de producir hortalizas y otros productos agrícolas con mayor comodidad, se realiza una limpieza, pelado y corte centralizados. Los productos resultantes son a menudo menos estables debido a la actividad enzimática de las paredes de las células cortadas y también a la contaminación bacteriológica de la manipulación durante el tratamiento. Se emplean varios métodos de tratamiento poscosecha para aumentar la estabilidad biológica y extender la vida útil de los productos. Por ejemplo, a menudo se usa remojo en soluciones de agentes reductores como ácido ascórbico o sulfito, o de conservantes como sorbato o benzoato. Los iones divalentes como  $\text{Ca}^{+2}$  también se utilizan para fortalecer la textura de los productos. En todos estos tratamientos, las bajas temperaturas y una buena higiene de procesamiento (por ejemplo, el uso de agua de limpieza clorada) son esenciales para lograr la vida útil deseada. (Ohlsson, 1994).

### **5.7. El golden berrie (*Physalis peruviana*)**

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) originaria del altiplano andino es una de las frutas tropicales más prometedoras y ha recibido un interés creciente en todo el mundo por sus compuestos bioactivos, su potencial de cultivo intensivo y su buena capacidad de almacenamiento (Valdenegro *et al.*, 2012; Eitzbach *et al.*, 2018).

*Physalis peruviana*, también conocida como uchuva en Colombia, uvilla en Ecuador, aguaymanto en Perú, topotopo en Venezuela y golden berry en países de habla inglesa son algunos de los múltiples nombres de esta fruta en todo el mundo. El nombre botánico de la planta es *P. peruviana* Linnaeus, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Physalis*, existen más de 80 variedades que se pueden encontrar en el desierto (Cedeño & Montenegro, 2004). *P. peruviana* L. es una planta herbácea, semi-arbustiva, erguida y perenne en zonas subtropicales, puede crecer hasta alcanzar los 0,6 a 0,9 m y en algunos casos puede crecer hasta los 1,8 m. La flor puede ser

polinizada fácilmente por insectos, viento y también por autopolinización. El fruto es una baya jugosa con forma ovoide y un diámetro entre 1,25 a 2,50 cm, 4 y 10 g de peso, conteniendo en su interior alrededor de 100 a 200 semillas pequeñas, el fruto está protegido por el cáliz o canasta de frutas que cubre completamente el fruto a lo largo de su desarrollo y maduración, protegiéndolo de insectos, aves, enfermedades y situaciones climáticas adversas. Además, esta estructura representa una fuente esencial de carbohidratos durante los primeros 20 días de crecimiento y desarrollo (Tapia, 2007; Puente *et al.*, 2011).



**Figura 3.** Golden berries (*P. peruviana*) en estado de maduración dentro del cáliz.

### **5.8. Clasificación taxonómica**

El género *Physalis*, con unas 100 especies de hierbas anuales y perennes, se caracteriza porque la fruta está encerrada en una cáscara o cáliz parecida al papel. El golden berry tiene una fruta particularmente deliciosa con un sabor picante parecido a la piña. Varios miembros del género son explotados por sus bayas. Entre ellos se

encuentran la cereza molida, *P. pruinosa* L. y el tomatillo de México, *P. ixocarpa* Brat. (McCain, 2019).

La primera descripción del género *Physalis* fue hecha por Linnaeus en 1753. Según “Plants Database”, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2012; Muniz, *et al.*, 2014), la clasificación taxonómica de *Physalis* es:

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Physalis peruviana*.

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Tracheobionta

**Superdivisión:** Espermatophyta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Physalis*

**Especie:** *Peruviana* L.

## 5.9. Composición química

La uchuva es una buena fuente de provitamina A, minerales, vitamina C y complejos de vitamina B. La fruta contiene un 15% de sólidos solubles (principalmente azúcares). Su nivel de fósforo es alto para ser una fruta. Su alto contenido en fibra dietética es

importante, porque la pectina de la fruta actúa como regulador intestinal (Hassanien, 2011).

Debido a sus propiedades nutritivas beneficiosas como alto contenido de provitamina A, minerales, vitamina C y algunos miembros del complejo vitamínico B, la mora dorada es una fruta prometedora para la producción de jugos y purés (Briones-Labarca *et al.*, 2013; Eitzbach *et al.*, 2018).

La uchuva contiene compuestos que promueven la salud, especialmente ácido ascórbico y  $\beta$ -caroteno (Olivares-Tenorio *et al.*, 2016; Olivares-Tenorio *et al.*, 2017).

#### **5.10. Atributos de calidad más valorados**

Un aspecto destacable del fruto es su color, siendo los carotenoides los responsables de los tonos anaranjados de la uchuva. Sin embargo, el nivel de pigmentos depende de la etapa de madurez de la fruta, el proceso de extracción y las condiciones de almacenamiento (Ramadan y Mörsel 2003; Torres-Ossandón *et al.*, 2015).

Singh *et al.* (2014) Investigaron cuatro especies de *Physalis*, a saber, *P. peruviana*, *P. ixocarpa*, *P. pruinosa* y *P. nicandroides*, las cuales cultivaron en el campo. Encontraron una variación significativa en los atributos de calidad. Los sólidos solubles totales más altos se encontraron para *P. nicandroides* (8.46 ° Brix), asimismo midieron la acidez titulable total mínima (0.35%) y el contenido ascórbico máximo (38.41 mg · 100 g – 1) para *P. peruviana*. Desde luego obtuvieron el valor "L" de los frutos, mostrando brillo, se registró como el más alto para *P. peruviana* (58,97), mientras que los frutos de todas las especies mostraron un valor "a" negativo, indicando que ninguno de ellos produjo

enrojecimiento; sin embargo, el valor "b", que indica amarillez, fue máximo para *P. pruinosa*.

Es decir, obtuvieron azúcares, color, acidez titulable y contenido ascórbico. Por otro lado, Torres-Ossandón *et al.* (2015) en su estudio evaluaron únicamente  $\beta$ -caroteno, vitamina C, contenido de minerales y azúcares y capacidad antioxidante. Como bien menciono Barrett *et al.* (2010) los atributos de calidad los distinguimos visualmente con la apariencia y una vez ingerido el alimento nos vamos por la firmeza y el valor nutricional que posee.

### **5.11. Producción mundial y nacional**

Los principales países productores son Australia, Colombia, Ecuador, India, Nueva Zelanda, Perú, Sudáfrica y Zimbabwe, mientras que los consumidores son Alemania, Brasil, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia y Suiza (Fischer *et al.*, 2014; Aguilar-Carpio *et al.*, 2018).

En Colombia se cultiva para la exportación y el país alcanzó el liderazgo como mayor productor seguido de Sudáfrica (Mazorra, 2006; Puente *et al.*, 2011). Colombia produce 11,500 ton / año de fruta de *P. peruviana* L., pero el excedente de fruta, no destinada a la exportación alcanzó el 50% de la producción total, esta fruta no es exportable por su tamaño, por lo que se utiliza para nuevos productos deshidratados (Castro *et al.*, 2008; Puente *et al.*, 2011). La especie *P. peruviana* L. fue introducida en Sudáfrica por los españoles y desde allí se trasladó a diferentes países del trópico y subtrópico donde se cultiva comercialmente. Se han reportado variedades comerciales en los Estados Unidos y Nueva Zelanda (Mazorra, 2006; Puente *et al.*, 2011).

Existen mercados internacionales para muchas frutas exóticas y recientemente se inició el procesamiento de frutas tropicales en muchos países (Ramadan y Mörsel, 2007). En 2005, había más de 1.8 millones de acres de cultivos de bayas en todo el mundo, incluidos 966 acres de uchuvas (Strik, 2007). El cultivo en Colombia está aumentando constantemente para satisfacer las crecientes demandas de exportación, ubicándose en segundo lugar después de las exportaciones de fruta de banano (Mayorga *et al.*, 2001; Ramadan, 2011).

*P. peruviana* es una fruta exótica que pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis* de la Amazonía y los Andes. Sin embargo, algunas variedades se cultivan en América, Europa y Asia. Esta fruta esférica de color dorado, también conocida como golden berry, se produce comercialmente en Ecuador, Sudáfrica, Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, Hawái, India, Malasia, Colombia y China. Actualmente, la producción de *Physalis* se ha expandido a países tropicales y subtropicales como el Caribe y Colombia, el principal productor (Novoa *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2009). En Brasil, la *Physalis* es popular en las regiones norte y noreste, pero es una novedad en las regiones sur y sureste. Se puede encontrar en los mercados locales principalmente en São Paulo y Río de Janeiro, pero aún se ha importado de Colombia a precios altos ya que la producción brasileña es aún pequeña. En la mayoría de los países, la mora dorada se cultiva en patios traseros para consumo directo. Sin embargo, tienen prestigio en algunos mercados internacionales, como Europa, donde se pagan precios superiores por las frutas (Rodrigues *et al.*, 2009).

### **5.12. Demanda nacional**

En México, la uchuva aún no se cultiva con fines comerciales, por desconocimiento de su consumo y rentabilidad. Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2020), investigaron la



rentabilidad del cultivo de la uchuva en invernadero e hidroponía y su consumo en la ciudad de México, para conocer su potencial comercial. En donde se determinaron los costos de producción y la rentabilidad del cultivo con base en la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio/costo (B/C). El punto de equilibrio en ventas se estimó con los costos totales y la inversión inicial. La demanda se estimó con base en la información de 150 encuestas realizadas en los mercados nombrados. El 100 y Medellín, en la Ciudad de México. Se realizaron pruebas de degustación a los encuestados, considerando el sabor, olor y color de frutos comercialmente maduros. El rendimiento estimado fue de 52.65 Mg ha<sup>-1</sup> de fruto fresco con cáliz, con una inversión de \$3 664 551.00 a precio de venta de 30.00 \$ kg<sup>-1</sup>, con VAN de \$633 071.00, TIR de 17.24%, y relación B/C de 1.1. La demanda estuvo determinada por el precio del fruto, el ingreso y el nivel de estudios de los encuestados. La mayoría de los encuestados mostró disposición de compra de este fruto y recomendó su consumo.

Se conoce muy poco sobre esta baya aquí en México. Sin embargo, la uchuva es comercializada en tiendas de abarrotes a manera de pasitas, con la intención de abastecer al público o sector de personas veganas o vegetarianas y principalmente de altos recursos debido a que es importada del extranjero.

Se estima que nueve millones de adultos en los EE. UU. son vegetarianos y/o veganos. Ahora hay varias iniciativas de certificación y etiquetado vegano, algunas vinculan la certificación vegana con otros estándares como libre de crueldad, kosher y/o crudo. (Brinckmann, 2013).

### **5.13. Principales factores de deterioro**

McCain (2019) en su investigación sobre diferentes frutos potenciales para áreas subtropicales a saber golden berry, maracuyá y zapote blanco, nos menciona que el moho de botritis ha estado presente en las frutas maduras del golden berry. Y menciona que quizá puede deberse a la frecuente niebla en la zona.

#### **Temperatura de almacenamiento**

En un estudio Pinzón *et al.* (2015) evaluaron el comportamiento de la uchuva bajo diferentes temperaturas de almacenamiento, mediante variables como la pérdida de masa fresca, el índice de color, la firmeza, los sólidos solubles totales y la acidez total. Donde se observaron diferencias significativas, para todas las variables entre los tratamientos en refrigeración y el control. Mostraron que después de 18 días de almacenamiento, las frutas refrigeradas conservan su calidad y, por lo tanto, son favorables para la comercialización.

### **5.14. Principales métodos de conservación**

#### **Conservar el cáliz**

Diferentes estudios demuestran que la baya dorada, así como otras bayas, se ven protegidas por el cáliz, es decir la bolsita que las recubre y resguarda del calor, humedad y ambiente externo en general.

Al ser un fruto climatérico, almacenarlo con la cáscara evita que se rompa antes de tiempo. La mayoría de las exportaciones actuales incluyen la cáscara, que debe secarse completamente para controlar los ataques de hongos. Los frutos soportan

temperaturas tan bajas como 1 a 2 °C, lo que favorece el almacenamiento a largo plazo (Fischer *et al.*, 2011).

La fruta es bastante duradera cuando se deja en la cáscara. Las golden berries generalmente se venden con la cáscara ya que muchos chefs usan la cáscara con fines decorativos. Después de la cosecha, la fruta madura puede durar varios meses sin refrigeración, si se mantiene seca. También se pueden recolectar parcialmente verdes y dejar que maduren, pero estas frutas nunca se vuelven tan dulces como las frutas maduras en la vid (McCain, 2019).

### **Refrigerar los frutos**

Siempre se ha sabido que para mantener los alimentos en un buen estado debemos mantenerlos en refrigeración y alejados del sol.

Pinzón *et al.* (2015), estudiaron los golden berries bajo temperaturas de 2°C, 4°C y 20°C, donde se observó que las muestras a 2°C conservaron notablemente sus características físicas y químicas en mayor grado que los otros frutos.

Vega *et al.* (2020), demuestran que el uso de plásticos de diferentes densidades sigue siendo el mejor método de conservación, a pesar de las preguntas de los investigadores y la aparición de envases inteligentes. Debido a la fácil adquisición y menor costo de producción de los envases de polietileno, considerando que las condiciones de almacenamiento juegan un papel fundamental en la obtención de la mejor efectividad de almacenamiento, las investigaciones muestran que los alimentos se han mantenido en perfectas condiciones durante 15 días cuando se combinan con temperaturas que oscilan entre los 10 grados centígrados, también es necesario

mencionar que las condiciones de luz a las que están expuestos estos envases interfieren con la vida útil.

## **6. MATERIALES Y METODOS**

Este estudio fue llevado a cabo en el Laboratorio de Empaques del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Los tomates de Golden Berry se consiguieron en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se usaron tomates maduros (color anaranjado).

Las muestras fueron separadas en dos lotes, unas se colocaron en una bolsa plástica abierta a temperatura ambiente y las otras se llevaron a refrigeración, ambas muestras dentro del departamento de Alimentos.

Las variables que se midieron a lo largo de la investigación fueron cinco: se midió el tamaño y el color de los tomates, la textura que tenían, así como su grado de dulzor ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) y su grado de acidez (pH).

Se tomaron datos los días cero, dos, cuatro, seis, ocho, diez, trece, y dieciséis. Es decir, los tomates se analizaron cada dos días en el período de 0 a 10 y luego día 13 y día 16.

En la medición de cada día, se evaluaron tres tomates por cada ambiente, unos a temperatura de refrigeración entre 2 - 4  $^{\circ}\text{C}$  aprox. y otros a temperatura del medio ambiente entre 10 - 26  $^{\circ}\text{C}$ .

Una vez tomados los datos, la pulpa se usó como desecho orgánico.

### **6.1. Determinación de calibre (tamaño)**

Se determinó el tamaño de los tomates. Para ello se utilizó un calibrador digital de la marca Husky de 6 pulgadas. Se midió lo alto y ancho de cada tomate uchuva en milímetros (mm).

## **6.2. Determinación de color**

Se midió el color del tomate uchuva. Para esta variable nos valimos de un colorímetro portátil Konica Minolta. Como ya se mencionó, este parámetro, se midió a baja temperatura y también a temperatura más cálida.

## **6.3. Determinación de °Brix**

Se determinó la dulzura del tomate. Se trabajó con un refractómetro digital de bolsillo ATAGO Pal-1. Primero se agujero al tomate (con las manos limpias), después se apretó como si fuera un limón, para sacar unas cuantas gotas de jugo y colocarlas en el lector del aparato, cuyas unidades las arrojo en porcentaje (%). Enseguida se prosiguió a limpiar el refractómetro con agua destilada, y papel secante, para su posterior uso.

## **6.4. Determinación de pH**

Una vez tomadas las mediciones correspondientes a grados Brix, se prosiguió a la medir el pH (grado de acidez y/o alcalinidad), para lo cual se usó un medidor de pH de bolsillo Hanna Instruments.

En esta etapa el tomate agujerado anteriormente en la medición de grados brix, se aplasto aún más con un mortero para machacarlo completamente y se diluyo con un poco de agua destilada.

El instrumento registró el grado de acidez del tomate uchuva, al sumergir la parte inferior del aparato, donde tenía el sensor. Antes que nada, se encendió el aparato de manera manual, luego ya se sumergió en la mezcla de tomate triturado, con agua destilada. Después de tomó nota de la lectura, y el sensor se enjuagó con agua

destilada, para su posterior uso. La mezcla se desechó una vez medida la lectura del parámetro de acidez.

El mortero y el sensor de acidez se enjuagaron con agua destilada, para verificar la correcta lectura de un tomate posterior al ser medido.

### **6.5. Análisis de perfil de textura (TPA)**

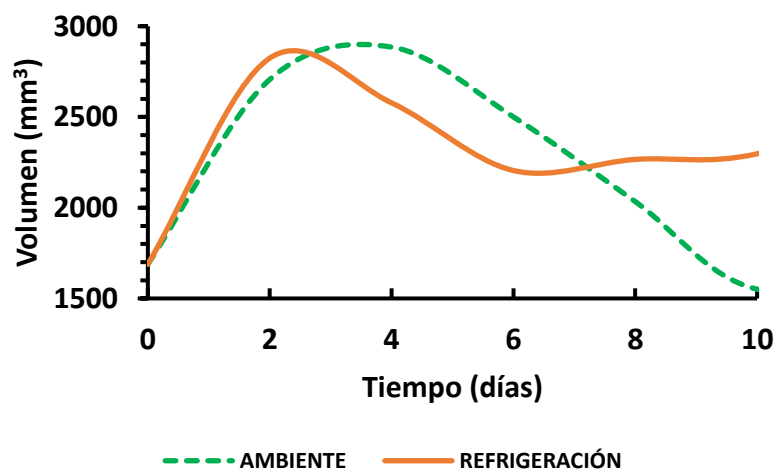
Para la medición de textura se utilizó el Analizador de Textura, más conocido como texturómetro de la marca BROOKFIELD del departamento de alimentos, dentro del laboratorio 1, el cual se conectó a la computadora que para tal uso ya estaba allí, para que por medio de esta se especificaran los datos de la muestra que se pondría en el aparato, de esta manera, el tomate se colocó sobre la superficie para medir y se le colocó al aparato una aguja con tamaño adecuado para perforar la muestra y así saber su textura. Conforme la aguja se fue insertando en la muestra, la computadora fue registrando los niveles altos y bajos mediante una gráfica de líneas. El funcionamiento de la aguja es automático y basta con especificar los datos en la computadora y colocar la muestra en el lugar para perforar, al centro de una superficie plana correspondiente para ello, para que al especificar en computadora el inicio de la medición, la aguja baje, perfora y suba en línea recta de vuelta a su lugar. A la computadora se le especificaron datos que describieron a la muestra como forma y dimensiones, así como especificaciones para saber con qué fuerza penetrar a la muestra, y el nombre de dicha medición. El texturómetro abarcó múltiples resultados propios de la textura, entre ellos masticabilidad, cohesividad y gomosidad.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Determinación de calibre (tamaño)

#### Volumen

Para este parámetro, cuyo comportamiento en el tiempo, según la condición de almacenamiento, se describen en la Figura 4, se obtuvo un comportamiento con tendencia inversamente proporcional a partir del tercer día para la condición de almacenamiento a temperatura ambiente, y a partir del segundo día para los frutos almacenados en refrigeración, posiblemente producto de la deshidratación del fruto ocasionada por una respiración más acelerada en contraste con los frutos almacenados a temperatura de refrigeración. Se puede observar también que la pérdida de volumen en los frutos a temperatura ambiente es sostenida desde el tercer día, a diferencia de los frutos en refrigeración, cuya pérdida de volumen pareció estabilizarse a partir del sexto día.



**Figura 4.** Volumen de los frutos en función al tiempo, según condición de almacenamiento.



Este comportamiento sugiere al almacenamiento en refrigeración como el mejor para la conservación de unas dimensiones más grandes del producto, lo que lo haría más atractivo para el consumidor final.

Comparando, Oliveira *et al.* (2016) obtuvieron un volumen promedio de las bayas de uchuva de  $2,51 \pm 0,59 \text{ cm}^3$ , equivalentes a  $2510 \text{ mm}^3$ , lo que concuerda con nuestros datos.

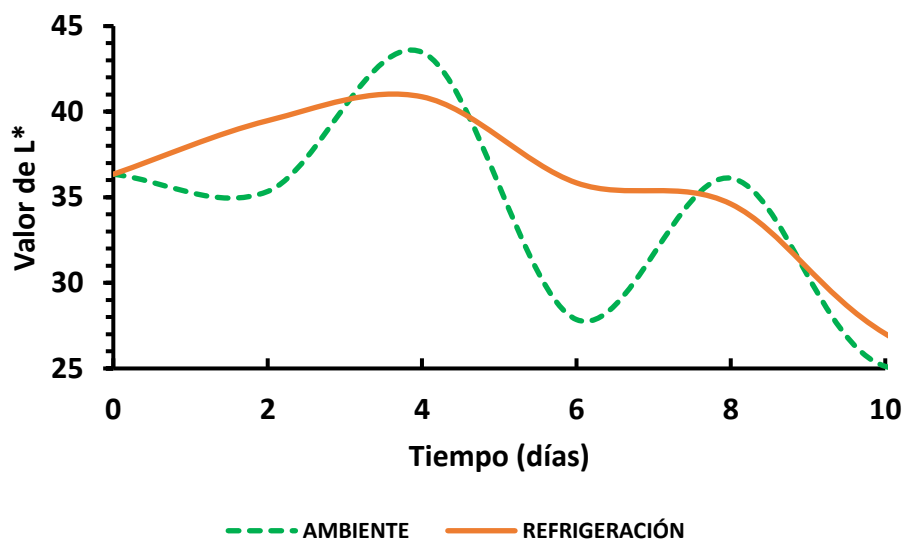
Probablemente el volumen del fruto depende del contenido de agua y las condiciones de almacenamiento. Esto se corrobora de acuerdo con Shahnawz *et al.* (2012) quienes afirman que las variaciones del contenido de humedad en mangos almacenados se deben a las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración. El mayor contenido de humedad 84,44% se registró en mango refrigerado durante 19 días seguido de mango de 82.44% refrigerado por 14 días, mientras que las muestras bajo temperatura ambiente mostraron bajo contenido de humedad 77.99% durante el almacenamiento.

Así mismo, la mayoría de los frutos climatéricos muestran pérdida de peso debido a la evaporación del agua de la superficie de la piel del fruto durante el almacenamiento (Sharma *et al.*, 2001; Zahedi *et al.*, 2019), lo cual afecta directamente su volumen.

## **7.2 Determinación de Color**

En cuanto a este parámetro, se evaluó en escala CIE  $L^*a^*b^*$ , y se encontró que el comportamiento del valor de luminosidad ( $L^*$ ), que se muestra en la Figura 5, obtuvo un comportamiento errático para los frutos almacenados a temperatura ambiente, pero con

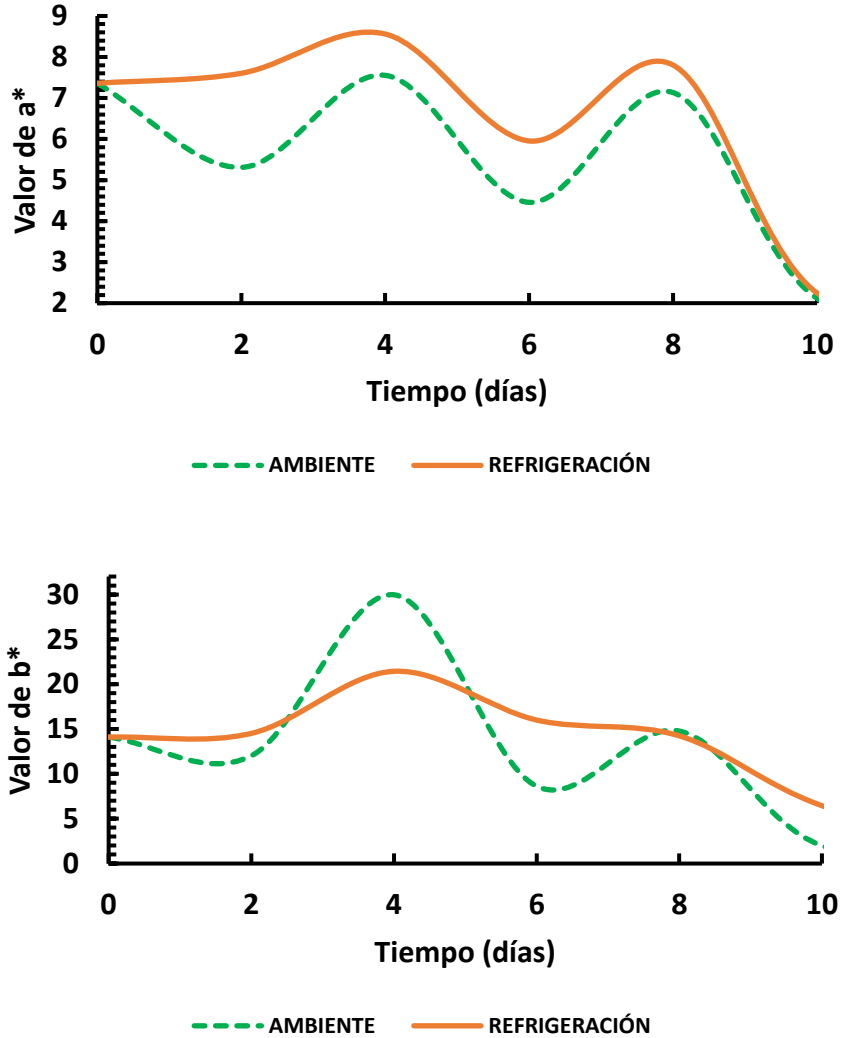
tendencia a la baja, en contraste, los frutos almacenados en refrigeración sufrieron una pérdida más uniforme de su luminosidad al transcurrir los días de evaluación.



**Figura 5.** Luminosidad de los frutos en función al tiempo, según condición de almacenamiento.

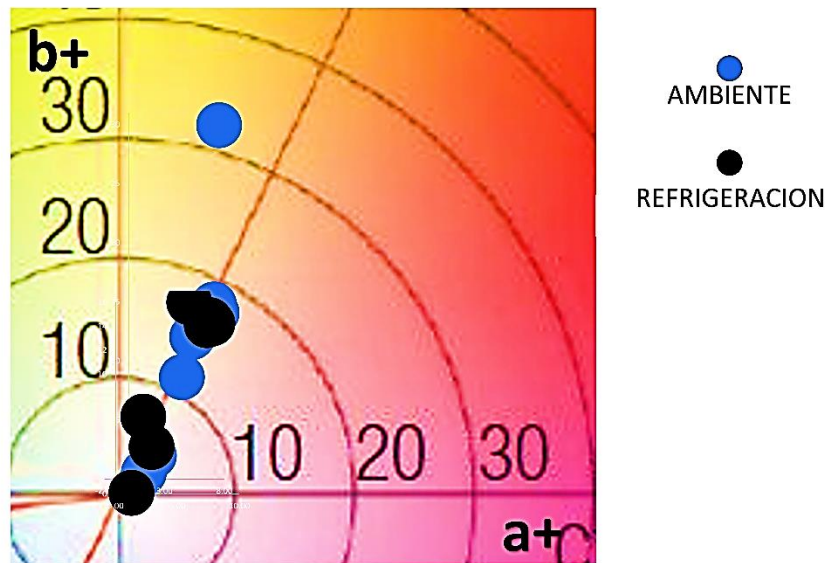
La pérdida progresiva de luminosidad probablemente obedezca a la concentración de pigmentos en los frutos, opacando la superficie y haciendo más desfavorable el reflejo de la luz. Aunque se presentó una disminución en los valores de este parámetro, no se encontró significancia entre ambas condiciones de almacenamiento al transcurso del tiempo, según la prueba t-Student realizada ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a los valores de la coordenada de color  $a^*$  (Figura 6), no se encontró diferencia entre condiciones de almacenamiento sino hasta el día 10, cuando el fruto ya estaba en un estado de madurez muy avanzada. Para los valores de la coordenada de color  $b^*$  (Figura 6), se obtuvo un comportamiento parecido al de  $a^*$  al transcurso del tiempo, pero al final se obtuvieron valores disímiles entre los frutos refrigerados y los almacenados a temperatura ambiente.



**Figura 6.** Coordenadas de color  $a^*$  y  $b^*$  de los frutos en función al tiempo, según condición de almacenamiento.

Los valores para ambas coordenadas ubicaron a los frutos a una tendencia de color del amarillo verdoso al amarillo intenso, según el plano de color del espacio CIEL $^*a^*b^*$  (Figura 7). Sin embargo, los frutos almacenados a temperatura ambiente desarrollaron una tonalidad amarilla más intensa (Fig. 7), como consecuencia de la no limitación en su metabolismo, ya que la refrigeración tiende a ralentizarlo, lo que lleva a un más lento desarrollo del color.



**Figura 7.** Coordenadas de color, según condición de almacenamiento.

Debido a lo anterior, y a la importancia que el consumidor le atribuye al color como atributo de selección de frutos, el almacenamiento a temperatura ambiente promovió el desarrollo de un mejor color en las uchuvas; sin embargo, el tiempo de almacenamiento o vida útil del fruto se ve disminuido.

Comparando, Yıldız *et al.* (2015) obtuvieron en uchuvas valores de  $L^*$   $a^*$   $b^*$  de 49.92, 25.11, 50.23, respectivamente. Por su parte, Oliveira *et al.* (2016) reportaron en uchuvas coordenadas de color de 56.72 para luminosidad ( $L^*$ ), 16.69 para rojo ( $a^*$ ), y 58.11 para amarillo ( $b^*$ ).

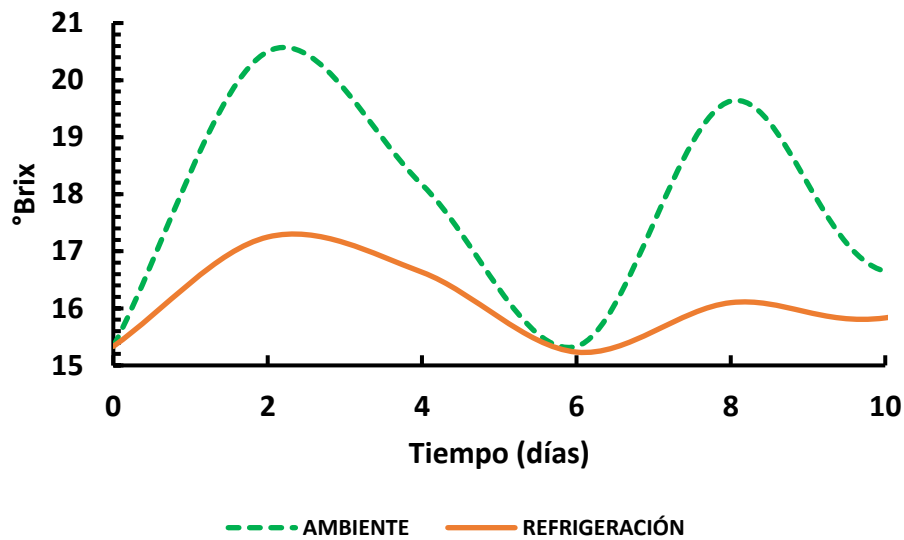
### 7.3 Determinación de °Brix y pH

En cuanto a los parámetros de °Brix y pH, en las Figura 8 y 9 se puede observar el comportamiento de ambos al transcurso del tiempo. El dulzor de los frutos se midió en

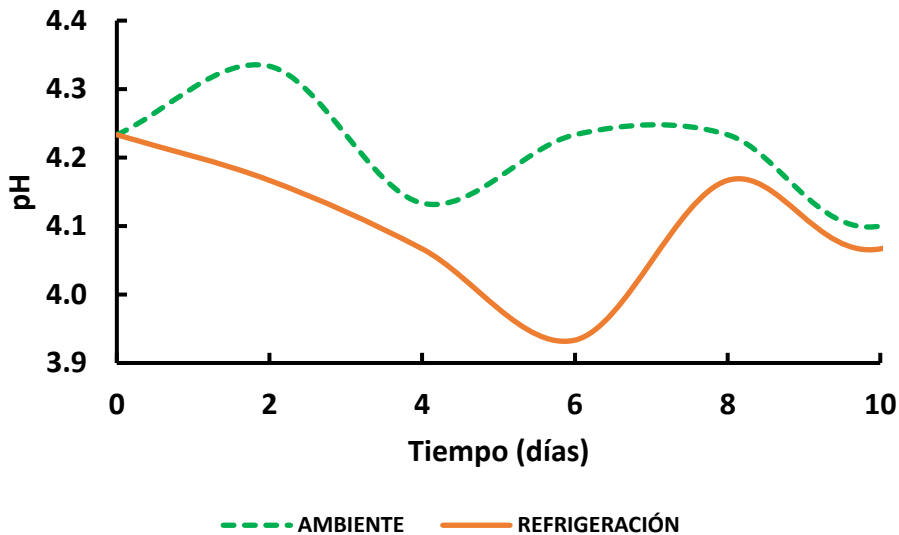
escala Brix, y es, además del color y la apariencia, uno de los atributos que más valoran los consumidores. Para el dulzor se observaron ciclos de generación de azúcares en los frutos, y ello obedece a que la respiración está activa en los mismos, por lo que hay consumo y producción de azúcares dentro de sus células. Al igual que para el color, los frutos sin restricciones en su metabolismo (almacenados a temperatura ambiente) presentaron mayor producción de azúcares en picos más pronunciados que aquellos almacenados en refrigeración.

Las crestas observadas pudieran sugerir los días de exposición de los frutos para su venta, que son indicativos de un sabor dulce más intenso, y la condición de almacenamiento a temperatura ambiente parece ser la más idónea en cuanto a este atributo, si es que se espera una demanda súbita del fruto, de lo contrario, se sugiere el almacenamiento refrigerado que, aunque favorece menos dulzor en los frutos, permite una vida de anaquel más prolongada.

Por su parte, el pH está asociado con la acidez de los frutos, y el comportamiento en cada condición de almacenamiento resultó significativamente diferente al inicio del seguimiento, aunque en la parte final dejó de serlo. La razón por la que el almacenamiento a temperatura ambiente favorece un menor desarrollo de acidez, es la misma que permite un desarrollo de mayor dulzor en los frutos, ya que ocurre una mayor generación de azúcares, contrario a lo que sucede durante el almacenamiento en refrigeración, según la prueba t-Student realizada ( $p \leq 0.05$ ).



**Figura 8.** Dulzor de los frutos expresado en °Brix a través del tiempo, según condición de almacenamiento.



**Figura 9.** Comportamiento del pH a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

Debido al comportamiento en estos parámetros en ambas condiciones de almacenamiento, y una vez observado que el desarrollo de acidez fue mayor hacia el sexto día de almacenamiento en refrigeración, se sugiere que se evite la oferta del fruto durante el periodo entre el 4<sup>o</sup> y 7<sup>o</sup> días.

En cuanto al pH, en el presente estudio el mínimo valor se registró en el sexto día del almacenamiento en refrigeración alcanzando un valor de 3.9, mientras que los valores más altos estuvieron en las uchuvas almacenadas a temperatura ambiente llegando a 4.3 en el segundo día.

Comparando, Novoa *et al.* (2006) secaron el cáliz de las uchuvas por 6 horas con diferentes métodos ventilador 18°C con 60% Humedad Relativa y cámara 24°C con 35% HR y almacenaron a 12°C con 85% HR durante 30 días, tiempo en el cual el pH aumentó hasta el día 16 en todos los tratamientos (amarillo-verde y amarillo-naranja) y después tendió al descenso; los valores fluctuaron entre 4,1 al inicio y 4,9 al final del almacenamiento a 12 °C.

Posterior al estudio de Novoa *et al.* (2006), trabajos similares de Ávila *et al.* (2006) también reportan un aumento del pH entre 3.6 y 4.4 en uchuvas almacenadas a 18 °C durante 20 días, previo al secado del cáliz.

Como ya vimos, nuestros valores coinciden con Novoa *et al.* (2006) y Ávila *et al.* (2006), mostrando que los valores de pH fueron más altos para el almacenamiento a temperatura ambiente. Los frutos de uchuva conservan la tendencia general de todos los frutos en proceso de madurez, tornándose menos ácidos con el transcurso del tiempo de almacenamiento, por el desdoblamiento de los ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Kays, 1997; Ávila *et al.* 2006).

El pH celular es muy importante en la regulación del metabolismo. Más del 90% del volumen celular de los frutos lo ocupa la vacuola, con pH inferior a 5, lo cual coincide con nuestros resultados (Nanos y Kader, 1993; Ávila *et al.* 2006).

Hablando de refrigeración, Shah Nawz *et al.* (2012) reportan en mangos variedad Langra almacenados a  $25\pm 4^{\circ}\text{C}$  y  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 19 días, una acidez inicial de 0.31%, reducida hasta 0.02% a temperatura ambiente, y en refrigeración reducida solo a 0.04%. Mostrando que tanto el tiempo como la temperatura son igualmente responsables de los cambios fisicoquímicos de frutas y los principales cambios ocurren cuando las frutas se almacenan durante mucho tiempo en altas temperaturas.

Para °Brix, en el presente estudio, el máximo valor se presentó en el segundo día de almacenamiento a temperatura ambiente, alcanzando los 20 °Brix. Mientras el mínimo valor se registró en el sexto día de almacenamiento en refrigeración, presentando 15 °Brix. Los valores del almacenamiento en refrigeración se mantuvieron siempre por debajo de los alcanzados por temperatura ambiente. Al igual que Pinzón *et al.* (2015) para frutos de uchuva Ecotipo Colombia en estado de madurez cinco de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (NTC 4580). Obtuvieron 14.5, 15.8 y 17.3 °Bx para 2, 4, y 20 °C respectivamente; durante 18 días de almacenamiento.

Nuestros valores de temperatura ambiente fueron similares a los reportados por Novoa *et al.* (2006), 11.6 al inicio, y 13.5 °Bx al final del almacenamiento (12 °C).

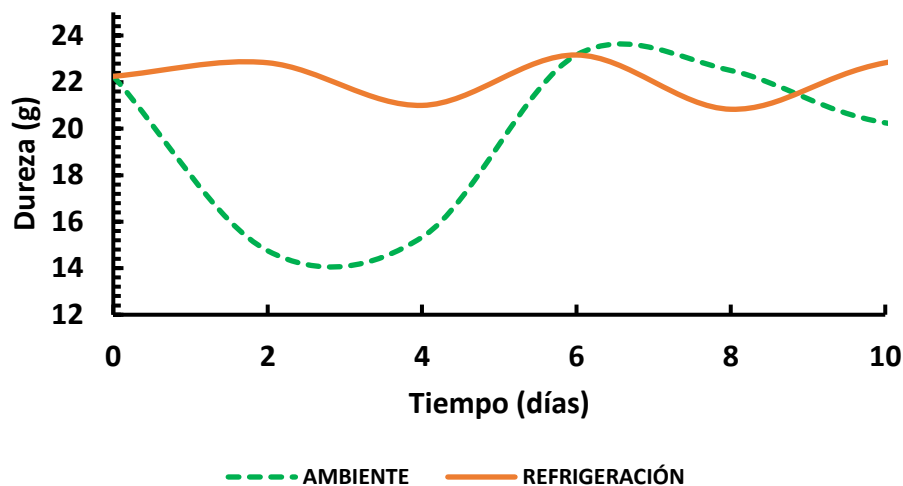
## **7.4 Análisis de perfil de textura (TPA)**

### **7.4.1. Dureza**

En la Figura 10 se puede observar el comportamiento de este parámetro de textura durante el tiempo de evaluación, mismo que está relacionado con la firmeza de superficie del fruto. Se consideró que el almacenamiento a temperatura de refrigeración es un factor que mantiene la firmeza a lo largo del tiempo de almacenamiento, pues los



frutos almacenados a temperatura ambiente presentaron una disminución en este parámetro a lo largo de los 4 días, posteriores a los cuales se observó una recuperación en los valores, lo que resultó contrario a la disminución constante que se esperaba al transcurrir el tiempo, probablemente atribuido a la deshidratación progresiva del fruto una vez que la pérdida de humedad llegó a su punto máximo.



**Figura 10.** Comportamiento de la dureza (firmeza) del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

Farinango (2010), observo que la resistencia a la penetración disminuye conforme cambia su estado de madurez. En el grado 2 de madurez el valor promedio de resistencia a la penetración en la Mora variedad Brazos fue de 0,48 kg<sub>f</sub> descendiendo a 0,19 kg<sub>f</sub> en el grado 5 de madurez, y de 0,49 kg<sub>f</sub> a 0,23 kg<sub>f</sub> en la Mora de Castilla.

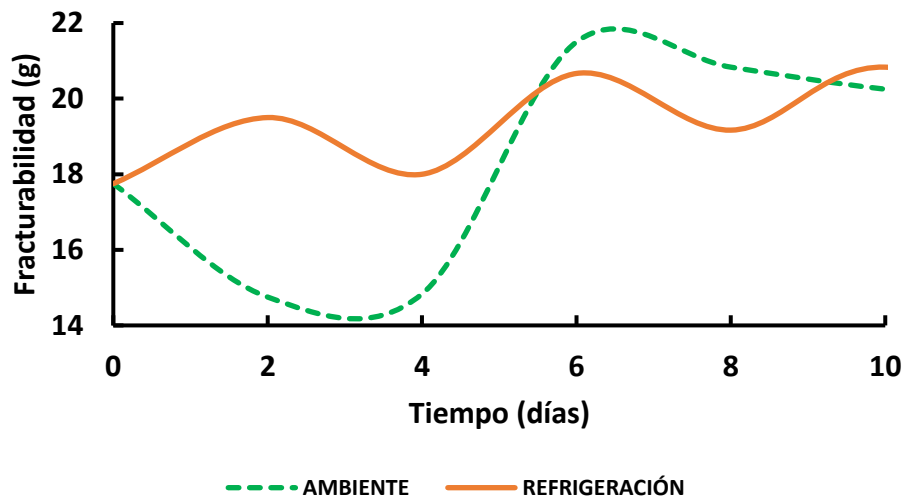
Comparando, Yang y Wang (2019) encontraron para grupo medio de jujube 227.23 N promedio de dureza, para jujubes suave 155.76 N promedio dureza, y para jujubes duros 277.93 N promedio dureza.

Estos valores coinciden en parte con los reportados por Fadda *et al* (2015), en un estudio sobre la influencia de almacenamiento en frío (0 grados C) de frutos de fresa, que muestran una tendencia primero ascendente de 5.34 (N) en el día 0 a 6.95 el día 6 y a partir de allí baja la dureza a 2.35 el día 7 y 2.83 el día 8, manteniéndose así en los días sucesivos. En otro estudio, Liu *et al.* (2019), muestran una tendencia de reducción de dureza y pérdida de agua en frutos almacenados a 0 grados C, de dos variedades de arándano azul, desde 6.82 (N) el día 0 a 6.76 el día 10 y 6.53 el día 20.

#### **7.4.2. Fracturabilidad**

Los frutos almacenados a temperatura ambiente presentaron una disminución progresiva de los valores de fracturabilidad durante los primeros 4 días (Fig. 11), pues los procesos de maduración más acelerados bajo esta condición de almacenamiento favorecieron un debilitamiento de la piel del fruto, un comportamiento consistente con el parámetro de dureza, probablemente atribuido, igualmente, al fenómeno progresivo de deshidratación al pasar el tiempo, proceso que es naturalmente más lento en condiciones de refrigeración, lo que explica el comportamiento más estable en los valores de fracturabilidad para los frutos almacenados en esta última condición, manteniéndolos más crocantes y apetecibles para el consumidor.

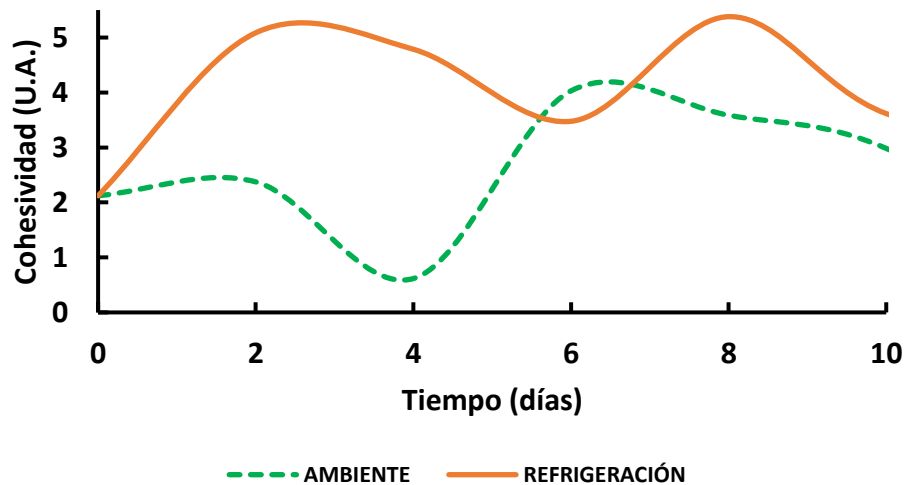
En otros estudios sobre este parámetro, Pham *et al.* (2017) hallaron mayor resistencia al medir la parte media de dos variedades de pera asiática, con 33.5 comparado con la parte superior (30.6) e inferior (30.0), lo cual indica una posible mayor compactación de tejido en el centro de la fruta al ser almacenada a 4 °C.



**Figura 11.** Comportamiento de la fracturabilidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

#### 7.4.3. Cohesividad

Para este parámetro, en la Figura 12 se puede observar el resultado del comportamiento de los frutos almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración, al respecto. Los frutos refrigerados mantuvieron valores de cohesividad por encima de los no refrigerados, en dos ciclos aparentes de 5 días cada uno, sin presentar diferencia significativa entre valores a lo largo del tiempo de evaluación. Para el caso de los frutos almacenados a temperatura ambiente, se presentaron valores más bajos alrededor del cuarto día, después del cual subieron hasta el sexto día, manteniéndose a partir de ese momento por el resto del tiempo de evaluación; este comportamiento pudiera ser atribuido a la maduración más acelerada del fruto, seguida del fenómeno de deshidratación, el cual fue una constante a lo largo del tiempo de almacenamiento.



**Figura 12.** Comportamiento de la cohesividad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

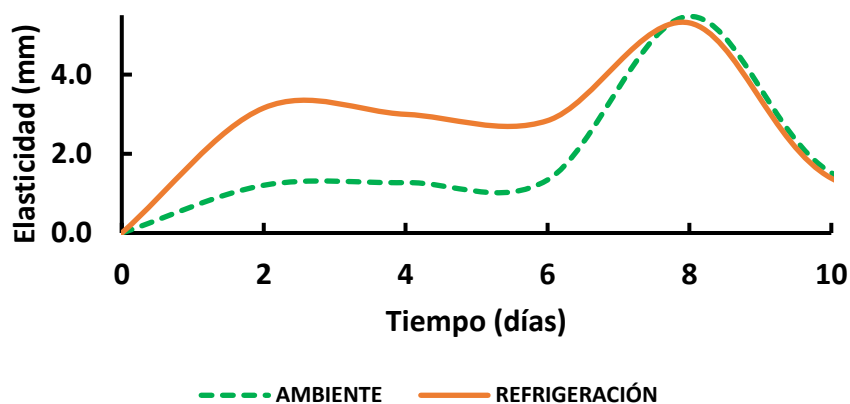
Fadda *et al.* (2015), reportan para frutos de fresa almacenados en frío, primero un aumento en la cohesividad de 0.361 el día 0, a 0.385 el día 6 y a partir de allí 0.324 el día 8 y una continua reducción en este parámetro. Igualmente, Alhamdan *et al.* (2019) muestran una disminución en los valores de este parámetro, al medirlo cada 10 días en frutos de dátil almacenados a 1 grado C, desde 0.50 a 0.46, 0.41 y 0.36.

#### 7.4.4. Elasticidad

La elasticidad de los frutos evaluados (Fig. 13) se mantuvo sin cambios en ambas condiciones de almacenamiento, con diferencia entre ellas hasta el sexto día, después del cual los valores de este parámetro aumentaron hasta hacerse prácticamente iguales a partir del octavo día, a partir del cual los valores cayeron de forma equivalente hasta el día 10 de la evaluación.

La elasticidad de los frutos está relacionada con el mantenimiento de la estructura y configuración de los tejidos de pulpa y piel o cáscara, por lo que, independientemente del método de almacenamiento, una vez que los frutos alcanzan cierto nivel de

madurez o senescencia, perderán el soporte de sus ejidos de forma progresiva, con las naturales consecuencias en la apariencia y tacto aparente que los consumidores podrán percibir.



**Figura 13.** Comportamiento de la elasticidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

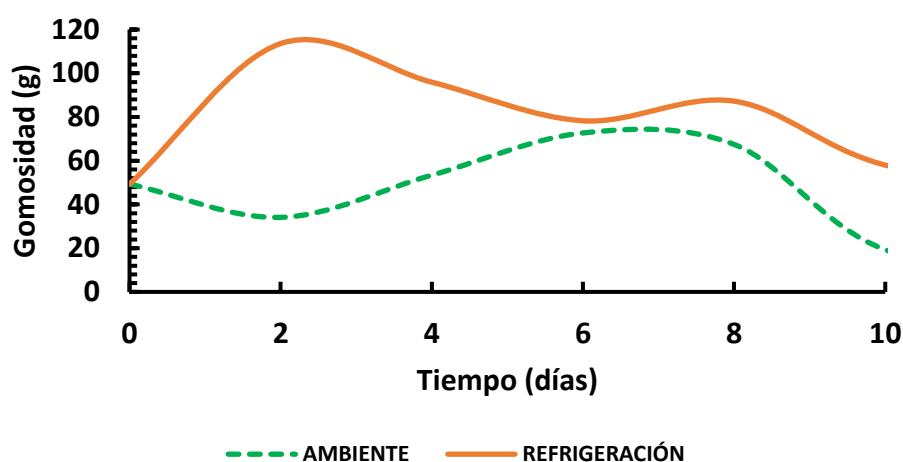
Comparando, Yang y Wang (2019) encontraron para grupo medio de jujube 4.33 mm elasticidad promedio, para jujube suave 3.60 mm elasticidad promedio y jujube duro 5.79 mm elasticidad promedio.

Otros estudios sobre esta fruta (Dostert *et al.*, 2012), mencionan que hay un ablandamiento estructural de la uchuva por la producción de etileno y cambio en los perfiles de la pectina, lo que conduce a este deterioro. Siendo su epidermis muy delgada y con alta humedad relativa que la puede llevar al rajado del fruto (Fisher, 2005).

#### **7.4.5. Gomosidad**

La gomosidad de los frutos almacenados en refrigeración (Fig. 14) se mantuvo, en general, por encima de los valores que se obtuvieron para los que se mantuvieron a temperatura ambiente. La condición de refrigeración pareció ralentizar el deterioro de la

estructura en los tejidos del fruto, conservando por mayor tiempo su estructura y, por tanto, la gomosidad del mismo; por el contrario, la condición de almacenamiento a temperatura ambiente no favorece este parámetro durante los primeros días, pero al transcurrir el tiempo se observó un aumento progresivo, aunque no significativo, en los valores de este parámetro al transcurso del tiempo para, al final, igual que en los frutos almacenados en refrigeración, descendieran los valores de gomosidad en ambas condiciones probablemente por efecto del fenómeno de senescencia de los frutos.



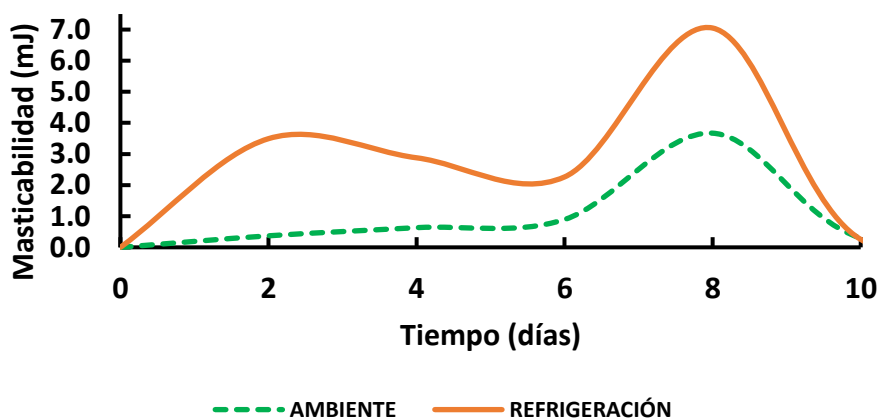
**Figura 14.** Comportamiento de la gomosidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

Se han reportado encuentros similares (Torres *et al.*, 2015) respecto a este parámetro en frutos de papaya, donde se menciona que según avanza su madurez en almacenamiento, se va reduciendo su gomosidad desde un valor de 28.15 al inicio, y atribuyendo esto a que la transformación de sus pectinas es mayor conforme pasa el tiempo, y sin embargo esto ya no es significativo a partir del estado de maduración 3 en adelante, pues la papaya tiene tejido isotrópico, es decir homogéneo.

#### 7.4.6. Masticabilidad

Por último, los comportamientos de los valores de la masticabilidad (Fig. 15) parecen estar relacionados con los valores de gomosidad para ambas condiciones de almacenamiento, dado que la fuerza necesaria para ello es menor durante al menos los primeros 6 días para ambas series de frutos, aunque los frutos refrigerados mantuvieron, en general, una mayor resistencia física; es decir, resultaron con mayor firmeza durante todo el tiempo de evaluación.

Hacia el sexto día, la fuerza necesaria aumentó par ambos parámetros, quizá por la pérdida de humedad en los tejidos, haciéndolos más “correosos” o reticentes a romperse, alcanzando valores de fuerza máximos hacia el octavo día para ambas condiciones, y disminuyendo drásticamente a partir de ese momento hasta valores equivalentes para ambas condiciones de almacenamiento hacia el décimo día. Esto podría deberse al deterioro natural de los tejidos debido al proceso de senescencia de los frutos, recordando que también están sujetos a un proceso de envejecimiento.



**Figura 15.** Comportamiento de la masticabilidad del fruto a través del tiempo, según condición de almacenamiento.

En estudios similares, Alhamdan *et al.* (2019), reportan una reducción en los valores de este parámetro al evaluar frutos de dátil almacenados en frío (1 °C) cada 10 días, desde 50.28 a 48.12, luego 40.68 y 30.16.

Comparando, Yang y Wang (2019) encontraron para grupo medio de jujubes valores de 490.68 mJ, para grupo suave de jujube 279.63 mJ, y finalmente para grupo duro de jujube 812.36 mJ en masticabilidad.



## 8. CONCLUSIONES

Como otros frutos frescos, las golden berries (*P. peruviana*) presentaron comportamientos diferentes en sus atributos de calidad entre los almacenados a temperatura ambiente y los sometidos a refrigeración. Los atributos de calidad se evaluaron a través de un periodo de 10 días, durante los cuales se obtuvo un comportamiento favorable para algunos parámetros dependiendo de la condición de almacenamiento.

Los atributos que mayor impacto inmediato pudieran influir en la elección del consumidor (color, pH y dulzor) tuvieron un mejor comportamiento durante el almacenamiento a temperatura ambiente; sin embargo, en cuanto al TPA, en general, los parámetros de textura evaluados parecen conservarse mejor a temperatura de refrigeración, al menos durante los primeros 6 días, posterior a los cuales, algunos parámetros no mostraron diferencia entre ambos métodos de almacenamiento.

Los frutos golden berries resultaron entonces con un periodo corto de vida útil, independientemente de su condición de almacenamiento, y su comercialización adecuada pudiera verse influida más por la preferencia del consumidor a los atributos sensoriales más evidentes, sobre aquellos relacionados con el TPA, que impactan más bien en la experiencia sensorial del consumidor después de la compra del fruto.

La información obtenida puede utilizarse como base para la definición de parámetros en el manejo de este fruto durante periodos y condiciones de almacenamiento que favorezcan los atributos mejor valorados por los consumidores para agregar el mejor valor al punto de expendio de las golden berries; además, sería necesario evaluar el comportamiento de estos mismos atributos en condiciones de almacenamiento distintas a las evaluadas (por ejemplo atmósferas controladas), o bien con pre-tratamientos para valorar la posibilidad de alargar la vida útil de este fruto en beneficio de productores y consumidores finales.

## 9. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Carpio, C., Juárez-López, P., Campos-Aguilar, I. H., Alia-Tejacal, I., Sandoval-Villa, M., & López-Martínez, V. (2018). Análisis de crecimiento y rendimiento de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en hidroponía e invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(3). <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>
- Alan Brinckmann, J. (2013). El mercado norteamericano de ingredientes y productos naturales.
- Alhamdan, A. M., Fickak, A., & Atia, A. R. (2019). Evaluation of sensory and texture profile analysis properties of stored Khalal Barhi dates nondestructively using Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13215.
- Ávila, J., Moreno, P., Fischer, G., & Miranda, D. (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18 °C. *Acta Agronómica*, 55(4), 29-38.
- Barrett, D. M., Beaulieu, J. C., & Shewfelt, R. (2010). Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 369–389. doi:10.1080/10408391003626322
- Barth, M., Hankinson, T. R., Zhuang, H., & Breidt, F. (2009). Microbiological spoilage of fruits and vegetables. In *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages* (pp. 135-183). Springer, New York, NY.
- Coêlho de Lima, M. A., & Alves, R. E. (2011). Soursop (*Annona muricata* L.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 363–392e. doi:10.1533/9780857092618.363
- Costa-Pinto, R., & Gantner, D. (2020). Macronutrients, minerals, vitamins and energy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 21 (3) p.157-161 doi:10.1016/j.mpaic.2019.12.006

- Dorais, M., & Ehret, D. L. (2008). Agronomy and the nutritional quality of fruit. *Improving the Health-Promoting Properties of Fruit and Vegetable Products*, 346–391. doi:10.1533/9781845694289.4.346.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., & Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Aguaymanto. *Physalis peruviana* L. Proyecto Perú biodiverso. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 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.
- Eksi Karaagac, H., Cavus, F., Kadioglu, B., Ugur, N., Tokat, E., & Sahan, Y. (2020). Evaluation of nutritional, color and volatiles properties of currant (*Ribes* spp.) cultivars in Turkey. *Food Science and Technology*, 41, 304-313.
- Erper, I., Celik, H., Turkkan, M., & Cebi Kilicoglu, M. (2015). First report of *Botrytis cinerea* on golden berry. *Australasian Plant Disease Notes*, 10(1), 1-2.
- Esti, M., Cinquanta, L., Sinesio, F., Moneta, E., & Di Matteo, M. (2002). Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chemistry*, 76(4), 399-405.
- Etzbach, L., Pfeiffer, A., Weber, F., & Schieber, A. (2018). Characterization of carotenoid profiles in golden berry (*Physalis peruviana* L.) fruits at various ripening stages and in different plant tissues by HPLC-DAD-APCI-MS n. *Food Chemistry*, 245, 508–517. doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.120.
- Fadda, C., Fenu, P. A. M., Usai, G., Del Caro, A., Diez, Y. M., Sanguinetti, A. M., & Piga, A. (2015). Antioxidant activity and sensory changes of strawberry tree fruits during cold storage and shelf life. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(6), 531-536.
- Farinango Taipe, M. E. (2010). Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) y de la mora variedad brazos (*Rubus* sp.). [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. <https://1library.co/document/y4w4d7rq/>

- Fischer, G. E. R. H. A. R. D. (2005). El problema del rajado del fruto de uchuva y su posible control. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva*, 55-82.
- Fischer, G., Herrera, A. A. P. J., & Almanza, P. J. (2011). Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 374-397e). Woodhead Publishing.
- Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B., & Givskov, M. (2002). Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 78(1-2), 79–97. doi:10.1016/s0168-1605(02)00233-7
- Graziose, M. (2016). Why Eat Fruits and Veggies? *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 48 (1), p.84. Available at: <<https://doi.org/10.1016/j.jneb.2015.08.003>> [Accessed 26 February 2021].
- Guateque Alba, M. A. (2014). Evaluación del rasgo textura en tubérculos de *Solanum tuberosum* grupo Phureja y búsqueda de genes candidatos asociados al rasgo. *Facultad de Agronomía*.
- Hassanien, M. F. R. (2011). *Physalis peruviana*: A Rich Source of Bioactive Phytochemicals for Functional Foods and Pharmaceuticals. *Food Reviews International*, 27(3), 259–273. doi:10.1080/87559129.2011.563391
- Hussein, Z., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2018). Preharvest factors influencing bruise damage of fresh fruits – a review. *Scientia Horticulturae*, 229, 45–58. doi:10.1016/j.scienta.2017.10.028
- Hussein, Z., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2019). Harvest and Postharvest Factors Affecting Bruise Damage of Fresh Fruits. *Horticultural Plant Journal*. 6(1), 1-13. doi:10.1016/j.hpj.2019.07.006
- Liu, B., Wang, K., Shu, X., Liang, J., Fan, X., & Sun, L. (2019). Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during postharvest cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246, 557-562.

- Liu, R. H. (2013). Health-Promoting Components of Fruits and Vegetables in the Diet. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4 (3), 384S–392S. doi:10.3945/an.112.003517
- McCain, R. (2019, 11 septiembre). Golden berry, Passionfruit, & White Sapote, New Crops, Purdue University. Recuperado de <https://www.growables.org/informationVeg/GoldenberryNewCropPurdue.htm>
- Moss, M. O. (2008). Fungi, quality and safety issues in fresh fruits and vegetables. *Journal of Applied Microbiology*, 104(5), 1239–1243. doi:10.1111/j.1365-2672.2007.03705.x
- Muniz, J., Kretzschmar, A. A., Rufato, L., Pelizza, T. R., Rufato, A. D. R., & Macedo, T. A. de. (2014). General aspects of physalis cultivation. *Ciência Rural*, 44(6), 964–970. doi:10.1590/s0103-84782014005000006
- Novoa, R. H., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía colombiana*, 24(1), 77–86.
- Ohlsson, T. (1994). Minimal processing-preservation methods of the future: an overview. *Trends in Food Science & Technology*, 5(11), 341–344. doi:10.1016/0924-2244(94)90210-0
- Olivares-Tenorio, M.-L., Dekker, M., van Boekel, M. A. J. S., & Verkerk, R. (2017). Evaluating the effect of storage conditions on the shelf life of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *LWT*, 80, 523–530. doi:10.1016/j.lwt.2017.03.027
- Oliveira, S. F., Gonçalves, F. J., Correia, P. M., & Guiné, R. P. (2016). Physical properties of *Physalis peruviana* L. *Open Agriculture*, 1(1).
- Pham, Q. T., & Liou, N. S. (2017). Investigating texture and mechanical properties of Asian pear flesh by compression tests. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31(8), 3671-3674.
- Pinzón, E., Reyes, A., Álvarez-Herrera, J., Leguizamo, M., & Joya, J. (2015). Postharvest behavior of cape gooseberry *Physalis peruviana* L. fruit under

- different storage temperatures. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 32(2), 26-35.  
<https://doi.org/10.22267/rcia.153202.10>
- Puente, L. A., Pinto-Muñoz, C. A., Castro, E. S., & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733–1740. doi:10.1016/j.foodres.2010.09.034
- Ramadan, M. F. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International*, 44(7), 1830–1836. doi:10.1016/j.foodres.2010.12.042
- Rodrigues, E., Rockenbach, I. I., Cataneo, C., Gonzaga, L. V., Chaves, E. S., & Fett, R. (2009). Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(3), 642–645. doi:10.1590/s0101-20612009000300029
- Rodríguez, M. E., Sandoval-Villa, M., Antúnez-Ocampo, O. M., Pacheco, R. P., & López, J. S. (2020). El mercado de la uchuva en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1789-1802.
- Seymour, I. J. (2003). Surface preservation for fruits and vegetables. *Food Preservatives*, 240–261. doi:10.1007/978-0-387-30042-9\_12
- Shahnawz, M., Sheikh, S. A., & Khaskheli, S. G. (2012). Effect of storage on the physicochemical characteristics of the mango (*Mangifera indica* L.) variety, Langra. *African Journal of Biotechnology*, 11(41), 9825-9828.
- Shewfelt, R. L. (1999). What is quality? *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 197–200. doi:10.1016/s0925-5214(98)00084-2
- Singh, D. B., Ahmed, N., Lal, S., Mirza, A., Sharma, O. C., & Pal, A. A. (2014). Variation in growth, production and quality attributes of *Physalis* species under temperate ecosystem. *Fruits*, 69(1), 31-40.
- Slavin, J. L. y Lloyd, B. (2012). Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 3 (4), p.506–516. doi:10.3945/an.112.002154

- Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., & Andrade, R. D. (2015). Influencia del color y estados de madurez sobre la textura de frutas tropicales (Mango, Papaya y Plátano). *Información tecnológica*, 26(3), 47-52.
- Torres-Ossandón, M. J., López, J., Vega-Gálvez, A., Galotto, M. J., Perez-Won, M., & Di Scala, K. (2015). Impact of High Hydrostatic Pressure on Physicochemical Characteristics, Nutritional Content and Functional Properties of Cape Gooseberry Pulp (*Physalis peruviana*L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2844–2855. doi:10.1111/jfpp.12535.
- Vega, J. C. D. L., Olmedo, V., Ortega, C. G., Lara, M. V., & Espín, R. D. C. (2020). Conservation advances on *Physalis peruviana* L. and *Spondia purpurea*: a review. *Food Science and Technology*. Published. <https://doi.org/10.1590/fst.27520>
- Wei, W., Wang, X., Xie, Z., Wang, W., Xu, J., Liu, Y., ... Zhou, Y. (2017). Evaluation of Sanitizing Methods for Reducing Microbial Contamination on Fresh Strawberry, Cherry Tomato, and Red Bayberry. *Frontiers in Microbiology*, 8. doi:10.3389/fmicb.2017.02397
- Yang Zhi & Wang Zhen-lei. Evaluation and Cluster Analysis of Jujube Fruit Texture Based on TPA Method[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2019, 56(10): 1860-1868.
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2015). Physical and chemical characteristics of golden berry fruit (*Physalis peruviana* L.).
- Yousuf, B., Deshi, V., Ozturk, B., & Siddiqui, M. W. (2020). Fresh-cut fruits and vegetables: Quality issues and safety concerns. *Fresh-Cut Fruits and Vegetables, Technologies and Mechanisms for Safety Control 1–15*. doi:10.1016/b978-0-12-816184-5.00001-x
- Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Karimi, M., & Ebrahimzadeh, A. (2019). Effects of postharvest polyamine application and edible coating on maintaining quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra during cold storage. *Food Science & Nutrition*, 7(2), 433-441