

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**EFFECTO 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.)**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ANA BELÉN GAMARRA REYES

TRUJILLO, PERÚ

2017

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón
PRESIDENTE

Ing. Dr. Freddy Romel Pérez Azahuanche
SECRETARIO

Ing. Ms. Gabriela Del Carmen Barraza Jaúregui
VOCAL

Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez
ASESORA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres, a mis hermanas, mis abuelos y a mi familia en general.

A Dios, por brindarme la fuerza suficiente para poder superar los obstáculos que se presentan durante las etapas de mi existencia.

A mis padres, Víctor Gamarra y Mónica Reyes por sus consejos y apoyo incondicional, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mis hermanas Cynthia y Claudia, a mis sobrinas preciosas Angela y Maya.

A Tito por ser un apoyo muy valioso en mi vida.

A toda mi familia por contribuir en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A los miembros de mi jurado, por sus conocimientos y recomendaciones a lo largo de la elaboración, revisión y finalización de la presente: Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón, Dr. Freddy Pérez Azahuanche, Ing. Gabriela Barraza Jáuregui

A la Ing. Carla Pretell, por su orientación, haber aportado a este trabajo su experiencia profesional, colaboración y apoyo en el desarrollo del proyecto. Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE

	Pág.
CARÁTULA	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	5
2.1. Aguaymanto.....	5
2.1.1. Generalidades del fruto.....	5
2.1.2. Variedades y ecotipos.....	7
2.1.3. Propiedades y aspectos nutricionales del fruto.....	9
2.1.4. Índice de madurez y cosecha de aguaymanto.....	10
2.2. Situación del aguaymanto en el mundo y en Perú.....	12
2.3. Antimicrobianos naturales.....	15
2.3.1. Aceite esencial de clavo de olor.....	16
2.4. Coberturas comestibles.....	18
2.4.1. Aplicación de coberturas comestibles en frutas y hortalizas.....	20
2.4.2. Materiales de coberturas para frutas y hortaliza.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Lugar de ejecución.....	33
3.2. Materia prima, insumos y envases.....	33
3.3. Equipos e instrumentos de laboratorio.....	34
3.4. Método experimental.....	34
3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de bayas de aguaymanto con cobertura comestible de almidón–gelatina y aceite esencial de clavo de olor.....	34

	Pág.
3.4.2. Procedimiento experimental de coberturas en bayas de aguaymanto.....	36
3.4.3. Elaboración solución de coberturas comestibles.....	38
3.5. Método de análisis.....	39
3.5.1. Pérdida de peso.....	39
3.5.2. Color.....	39
3.5.3. Firmeza.....	39
3.5.4. Sólidos solubles.....	40
3.5.5. Recuento de mohos y levaduras.....	40
3.5.6. Aceptabilidad general.....	40
3.6. Método estadístico.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso.....	43
4.2. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre el color.....	50
4.3. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza.....	59
4.4. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre los sólidos solubles.....	65
4.5. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras.....	71
4.6. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general.....	77
V. CONCLUSIONES.....	81
VI. RECOMENDACIONES.....	82
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	83
VIII. ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del aguaymanto.....	6
Cuadro 2. Algunas de las especies del género <i>Physalis</i>	8
Cuadro 3. Composición nutricional del aguaymanto.....	10
Cuadro 4. Principales mercados de exportación 2010 – 2012 del aguaymanto peruano expresado en valor de peso.....	14
Cuadro 5. Principales mercados de exportación 2010 – 2012 del aguaymanto peruano expresado en valor económico.....	14
Cuadro 6. Aditivos incorporados a películas y coberturas comestibles de frutas y hortalizas.....	29
Cuadro 7. Formulación para la elaboración de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor en base a 1L. de agua.....	38
Cuadro 8. Prueba de Levene modificada para pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	47
Cuadro 9. Análisis de varianza para pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	48
Cuadro 10. Prueba de Duncan para pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor	49
Cuadro 11. Prueba de Levene modificada para L^* , a^* y b^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor	54

	Pág.
Cuadro 12. Análisis de varianza para L^* , a^* y b^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor	55
Cuadro 13. Prueba de Duncan para L^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor	56
Cuadro 14. Prueba de Duncan para a^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor	57
Cuadro 15. Prueba de Duncan para b^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor	58
Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para firmeza en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	62
Cuadro 17. Análisis de varianza para firmeza en bayas de aguaymanto con cobertura de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor en función al tiempo de almacenamiento.....	63
Cuadro 18. Prueba de Duncan para firmeza en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	64
Cuadro 19. Prueba de Levene modificada para sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	68
Cuadro 20. Análisis de varianza para sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	68

Cuadro 21. Prueba de Duncan para sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	70
Cuadro 22. Límites microbiológicos mínimos aceptables (m) y máximos aceptables (M) para frutas y hortalizas frescas semiprocessadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas.....	72
Cuadro 23. Prueba de Levene modificada para recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	74
Cuadro 24. Análisis de varianza para recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	75
Cuadro 25. Prueba de Duncan para recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....	76
Cuadro 26. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible y aceite esencial de clavo de olor en función al tiempo de almacenamiento.....	79
Cuadro 27. Prueba de Wilcoxon para aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible y aceite esencial de clavo de olor en función al tiempo de almacenamiento.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema experimental para la investigación sobre bayas de aguaymanto con cobertura a base de gelatina – almidón y clavo de olor.....	35
Figura 2. Procedimiento experimental para cubrir bayas de aguaymanto con cobertura comestible a base de gelatina – almidón y aceite esencial de clavo de olor.....	36
Figura 3. Ficha de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad general de bayas de aguaymanto frescos con coberturas comestibles en refrigeración.....	41
Figura 4. Pérdida de peso en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	43
Figura 5. Valores de L* en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función a los días de almacenamiento.....	49
Figura 6. Valores de a* en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	52
Figura 7. Valores de b* en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	53
Figura 8. Firmeza en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	59
Figura 9. Sólidos solubles en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	66
Figura 10. Recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	71
Figura 11. Aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento.....	77

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultados experimentales en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo.....	95
Anexo 2. Aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo.....	98
Anexo 3. Proceso de elaboración de aguaymanto fresco con cobertura a base de gelatina-almidón y aceite esencial de clavo de olor.....	100
Anexo 4. Ficha técnica de aceite esencial de clavo de olor.....	101

RESUMEN

Se evaluó el efecto del aceite esencial de clavo de olor (0.0, 0.1 y 0.2%) en la cobertura comestible de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento (7, 14, 21 y 30 días) sobre la pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). El análisis de varianza determinó efecto significativo ($p < 0.05$) del aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, parámetros de color L^* y b^* , sólidos solubles y recuento de mohos y levaduras. Para el parámetro cromático a^* , solo existió efecto significativo del tiempo de almacenamiento. La prueba de Duncan permitió determinar que el tratamiento de cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó menor pérdida de peso (13.11%), sólidos solubles (15.19 °Brix) y recuento de mohos y levaduras (6.12×10^3 ufc/g); mayor firmeza (2.19 N), menor variación de L^* (55.87) y a^* (9.80); además, los tratamientos de cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.1 y 0.2% presentaron mayor retención de b^* (46.40 y 46.70, respectivamente). Para aceptabilidad general la prueba de Friedman determinó diferencia significativa ($p < 0.05$) y la prueba de Wilcoxon mostró que el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó mayor promedio de 6.37 con moda estadística de 7 correspondiente a la percepción de “Me gusta bastante”, al final del almacenamiento a 1 °C.

ABSTRACT

The effect of clove essential oil (0.0, 0.1 and 0.2%) in a starch-gelatin edible film and storage time (7, 14, 21 and 30 days) on weight loss, color, firmness, soluble solids, yeast and mold count and overall acceptability aguaymanto berries (*Physalis peruviana* L.) was evaluated. The analysis of variance determined significant ($p < 0.05$) effect of clove essential oil and storage time on weight loss, firmness, color parameters L^* and b^* , soluble solids and count of molds and yeasts. For the color parameter a^* , there was only significant effect of storage time. Duncan test allowed to determine that the treatment of 0.2% of clove essential oil in the edible starch-gelatin film had less weight loss (13.11%), soluble solids (15.19 ° Brix) and counting of molds and yeasts (6.12×10^3 cfu/g); firmer (2.19 N), increased retention of L^* (55.87) and a^* (9.80). Additional treatments of 0.1 and 0.2% of clove essential oil edible starch-gelatin film had higher retention b^* (46.40 and 46.70, respectively). Friedman test on sensory acceptability found significant difference ($p < 0.05$) and the Wilcoxon test, showed that 0.1% clove essential oil treatment had higher average 6.37 statistically mode 7 corresponding to the perception of "I like it so much" the end of storage at 1 ° C.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú, en once años diversificó su oferta exportable pasando de 70 mercados de destino a más de 130. En corto plazo, Perú se convertirá en el primer exportador de frutas y hortalizas del mundo por la creciente demanda global y el aumento de los envíos (ANDINA, 2012). Durante los últimos años la demanda mundial para reducir el uso de pesticidas, proteger el medio ambiente y la salud del consumidor, limita cada vez más la aplicación de químicos en productos frutihortícolas; actualmente las investigaciones están desarrollando métodos alternativos de control como potenciales sustitutos de productos químicos (Rivero y Quiroga, 2010).

El importante valor nutricional y económico de las frutas y hortalizas frescas es bien conocido; son los mejores transportadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaria, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Proveen carbohidratos, proteínas y calorías. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de varias enfermedades. Por ello las frutas y las hortalizas son importantes para nuestra nutrición, sugiriéndose una ingesta de cinco porciones por día. Las frutas y las hortalizas son productos altamente perecederos. Comúnmente, hasta un 23 por ciento de las frutas y las hortalizas más perecederos se pierden debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte o a las inadecuadas condiciones de traslado. La reducción de las altas pérdidas de frutas y hortalizas requiere la adopción de varias medidas durante la cosecha, el manipuleo, el almacenamiento, el envasado y el procesamiento de frutas y hortalizas frescas para obtener productos adecuados con mejores propiedades de almacenamiento. La susceptibilidad

de las frutas al deterioro, está relacionado con el proceso de senescencia durante el cual se incrementa la permeabilidad de las membranas celulares y se produce una eventual desorganización total de la estructura del producto (Martínez y Ponce, 2012).

Se requiere utilizar tecnologías no contaminantes para dinamizar la oferta de productos hortofrutícolas frescos en las diferentes fases de producción permitiendo una mayor biodiversidad, al mismo tiempo que se mantienen los rendimientos y se mejora el control fitosanitario reduciendo el uso de productos químicos. Una vez obtenidos productos frescos de calidad, los procesos de manejo postcosecha y la logística de la comercialización para mantener la calidad, garantizar la seguridad y reducir las pérdidas del producto, constituyen objetivos fundamentales en las actuales investigaciones en fisiología y tecnología postcosecha (Romero, 2009).

Las películas y coberturas preparadas a partir de materiales biodegradables están siendo cada vez más utilizadas en la industria de alimentos envasados. Varias alternativas se han usado para minimizar el impacto ambiental de los polímeros convencionales, incluyendo el uso de polímeros biodegradables. Los polímeros biodegradables pueden ser producidos a partir de recursos naturales, renovables (Kuorwel y otros, 2011). El mecanismo por el cual estas películas y coberturas conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera a los gases, produciendo una atmósfera modificada alrededor del producto. Esta atmósfera reduce la disponibilidad de O_2 e incrementa la concentración de CO_2 . De tal forma, se reduce la tasa de respiración y la pérdida de agua, aumentando así la vida de anaquel (Martínez y Ponce, 2012).

El crecimiento microbiano en las superficies de los alimentos es una causa importante de deterioro de los alimentos. En particular, la contaminación bacteriana de productos "listo para comer" es de preocupación seria a la salud humana (Chávarry, 2006). La incorporación de agentes antimicrobianos en película o recubrimiento comestible localiza el efecto funcional en la superficie del alimento. Los agentes antimicrobianos son liberados lentamente a la superficie de los alimentos, y por lo tanto, se mantienen en concentraciones altas por períodos prolongados de tiempo (Sánchez, 2012).

La aplicación de agentes antimicrobianos podría prevenir o retrasar el deterioro microbiano de los alimentos, dentro de los agentes antimicrobianos pueden considerarse a los aceites esenciales (Ávila-Sosa y otros, 2010). Las propiedades antimicrobianas de aceites esenciales que las plantas contienen como productos de su metabolismo secundario han sido reconocidas científicamente durante siglos (Martínez-Romero y otros, 2007). Los aceites esenciales de plantas se han mostrado eficaces en el control del crecimiento de microorganismos, incluyendo hongos filamentosos, levaduras y bacterias. Se han sugerido usos prácticos en humanos y animales, así como en la industria de alimentos (Martínez y Ponce, 2012).

El mercado del aguaymanto peruano es y joven aún y se encuentra en pleno crecimiento debido a la gran aceptación de los frutos exóticos en el mundo. En los últimos años se está valorando mucho más aquellos productos que contribuyen a mantener o mejorar la salud del cuerpo humano, por lo que los productos orgánicos tienen gran aceptación y son valorados por los consumidores sobre todo en el extranjero. En el Perú, al crecer el aguaymanto de manera silvestre, la obtención de la certificación orgánica tomará poco tiempo. La revaloración de este tipo de frutas nativas será beneficiosa para el agricultor peruano, cuyo nivel de ingresos es el menor de

Latinoamérica; sin embargo, para lograrlo es necesario que las organizaciones relacionadas con comercio exterior fomente la exportación y promoción de estos productos en el extranjero, con el fin de dar a conocer sus propiedades y beneficios y lograr así su rápida aceptación (Sierra Exportadora, 2014).

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de tres concentraciones de aceite esencial de clavo de olor (0.0, 0.1 y 0.2% p/v) en la cobertura comestible a base de gelatina–almidón y cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21 y 30 días) sobre la pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)?

Los objetivos propuestos fueron:

- Evaluar el efecto de tres concentraciones (0.0, 0.1 y 0.2% p/v) de aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21 y 30 días) sobre la pérdida de peso, color, firmeza y sólidos solubles, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).
- Determinar la concentración de aceite esencial de clavo de olor en la cobertura comestible gelatina–almidón y el tiempo de almacenamiento, para obtener la menor pérdida de peso, la mayor retención de color, sólidos solubles y firmeza, menor recuento de mohos y levaduras y la mayor aceptabilidad general en bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Aguaymanto

2.1.1. Generalidades del fruto

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 agridulce 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 el Cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica del aguaymanto.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del aguaymanto

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

Fuente: Dostert y otros (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).

2.1.2. 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 peruviana* 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).

A continuación en el Cuadro 2 se muestran algunas especies del género *Physalis*.

Cuadro 2. Algunas de las especies del género *Physalis*

Especies	Estado	Nombre común	Distribución	Usos
<i>P. angulata</i>		Alquequenje, capulí, cimarrón, sapito, tomate.	Estados Unidos a través de México hasta Panamá	Fruta comestible
<i>P. peruviana</i> L.	Cultivada	Capulí, cereza del Perú, cuchuva, yuyo y uchuva.	Sudamérica y las Antillas, Brasil, Sureste de Asia	Fruta comestible
<i>P. pruinosa</i>	Cultivada	Husk tomato	Oriente, Norte América	Fruta en conserva
<i>P. pubescens</i>	Cultivada	Alquenquenje, bolsa mullaca, farolito, huevo de sapo.	Estados Unidos a través de México hasta Panamá y Sudamérica.	Comestible (condimento)
<i>P. viscosa</i>			América tropical y subtropical	Fruta comestible

Fuente: Madriñan (2010).

2.1.3. 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. También es utilizado para proteger los suelos de la erosión, esto por su crecimiento robusto y expansivo que actúa como cobertor del suelo (Sierra Exportadora, 2014). En el Cuadro 3 se muestra el aporte a la dieta alimenticia diaria sobre el consumo de esta fruta.

Cuadro 3. Composición nutricional del aguaymanto

Factor nutricional	Contenido (por cada 100 g de porción comestible)
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).

2.1.4. Índice de madurez y cosecha de 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).

2.1.4.1. Climas y suelos apropiados

El fruto se cultiva a altitudes entre los 1800 y los 3000 m.s.n.m., se ha observado que los mayores tamaños de fruto se alcanzan entre 2500 a 3000 m.s.n.m. y la mejor apariencia de capuchón entre 1800 a 2700 msnm. La temperatura promedio para el cultivo varía entre los 13 y 18 °C. Los suelos más recomendados para el cultivo del aguaymanto son los que poseen estructura granular y una textura areno-arcillosa, preferiblemente que contengan altos contenidos de materia orgánica y un pH entre 5.5 y 6.8 (Pillpa, 2012).

2.1.4.2. Siembra

Se debe emplear semillas de 6 a 12 g/ha. Las semillas deben ser frescas, para lograr el mayor porcentaje de germinación. El distanciamiento en las zonas de ladera (1.5 m entre planta y 2.0 m entre surco); zonas planas con poda (1.0 m x 2.0 m.), sin poda (1.5 m entre planta y 2.0 m entre surco) con profundidad de 3 cm en ladera y en terrenos planos. Los plantones deben tener de 10 a 15 cm, buenas cualidades, sin presencia de plagas y enfermedades (Sierra Exportadora, 2014).

2.1.4.3. Cosecha

Se inicia a partir del quinto al noveno mes después de la siembra, esto depende de las condiciones climáticas de cada zona. El inicio de cosecha es cuando el fruto presenta un color amarillo-naranja y el capacho o cáliz muestra una coloración verde amarillento, aunque el estado de cosecha depende del fin que se dará al fruto. Cuando se inician las cosechas, deben hacerse cada 15 días y luego semanalmente para evitar que la fruta sobre madure y se malogre durante el traslado hasta el destino final. Las cosechas pueden prologarse durante un año o año y medio desde la primera cosecha; luego la fruta cosechada es de menor calidad y tamaño (Sierra Exportadora, 2014).

2.2. Situación del aguaymanto en el mundo y en Perú

El aguaymanto se presenta como un cultivo alternativo de inmenso futuro ante el incremento del consumo local y las posibilidades de exportación a gran escala. Hoy en día ha conquistado importantes mercados en la Unión

Europea y Estados Unidos en donde es conocido como Cape Gooseberry, Goldenberry o Uchuva (AMPEX, 2007).

Cajamarca, se ha consolidado como la primera región productora de aguaymanto del Perú, en la Sierra norte (Cajamarca y parte de Amazonas); Sierra central (Ancash, Huánuco y Huancayo) y Sierra Sur (Cuzco). Sierra de Ancash: (Huari, Yungay, Recuay, Carhuaz, Ocros). Cajamarca (Celendín), Junín (Huancayo, Valle del Mantaro), Ayacucho, Cuzco y Puno (Sierra Exportadora, 2014).

La demanda por esta fruta en el mundo está creciendo pero se tiene que distinguir entre aguaymanto convencional y orgánico. El aguaymanto orgánico está creciendo en la forma de deshidratado. El aguaymanto convencional lo dominan principalmente Colombia y Ecuador, países que lo exportan en fresco y tienen el 100 por ciento de ese mercado. Por su ubicación geográfica, Colombia tiene puertos en el Atlántico, lo que le permite exportar a Europa, que es el mercado fuerte para la fruta en fresco, en tan solo dos semanas. El Perú en cambio tarda de 28 a 30 días, lo que significa mayores costos en flete. Con todo esto la opción para el Perú está en el orgánico. Exportar la fruta en estado natural, sin ninguna transformación no es muy viable, porque por el proceso de apreciación de la moneda peruana, el Perú va perdiendo competitividad agroexportadora (Cahuapaza y Matos, 2011).

En los Cuadros 4 y 5 se presentan las exportaciones de aguaymanto expresado en valor de peso (kg) y valor económico (US\$ FOB), respectivamente, entre los años 2010 – 2012.

Cuadro 4. Principales mercados de exportación 2010 – 2012 del aguaymanto peruano expresado en peso.

País Socio	Peso (kg)			Participación (%)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Canadá	0	448	358	0	59	34
Japón	0	0	280	0	0	27
Francia	0	0	175	0	0	17
Países bajos (Holanda)	1	220	115	2	29	11
Italia	0	0	90	0	0	9
Otros	36	88	20	97	12	2
Total	37	756	1038	100	100	100

Fuente: Sierra Exportadora (2014).

Cuadro 5. Principales mercados de exportación 2010 – 2012 del aguaymanto peruano expresado en valor económico.

País Socio	US\$ FOB			Participación (%)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Canadá	0	5478	5102	0	75	47
Japón	0	0	3360	0	0	31
Francia	0	0	1575	0	0	15
Países bajos (Holanda)	7	462	466	15	6	4
Italia	0	0	170	0	0	2
Otros	40	1320	100	85	18	1
Total	47	7260	10774	100	100	100

Fuente: Sierra Exportadora (2014).

2.3. 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 inhibitor 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 y otros, 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).

2.3.1. Aceite esencial de clavo de olor

El aceite esencial del clavo de olor es un líquido incoloro o ligeramente amarillo que en contacto con el aire se oscurece, es más denso que el agua y tiene un olor fuerte, aromático y picante (García y Vásquez, 2006). Contiene un 49 – 98% de fenoles (eugenol, con cerca de un 3% de acetileugenol), sesquiterpenos (α y β cariofilenos) y pequeñas cantidades de ésteres, cetonas y alcoholes. Se han citado unos 28 compuestos en esta esencia, relativamente bajos respecto a otras, debido a la ausencia de derivados monoterpénicos (Armas y otros, 2011). No es soluble en agua aunque si se puede disolver en alcohol. El eugenol no es exclusivo de esta

planta, aunque si es la que tiene una concentración mayor, entre las muchas propiedades de este componente destacan fundamentalmente sus propiedades antiagregantes, antiedémicas, antivomitivas, carminativas, antiácidas, antioxidantes, gastroprotectoras, bactericidas, antifúngicas, antisépticas, antivirales, anestésicas, vermífugas, herbicidas, sedativas, fragantes y aromatizantes (Celis, 2010).

Para la extracción del aceite esencial de clavo de olor se puede utilizar un gran número de técnicas, con diferentes costos y nivel de complejidad. La destilación a vapor y la hidrodestilación durante un período de 8 a 24 h son las técnicas más comunes, con el fin de obtener un aceite esencial con composición constante, el proceso de extracción debe realizarse bajo las mismas condiciones y a partir del mismo órgano de la planta (Hernández, 2011).

El aceite esencial de clavo de olor posee compuestos con una vasta y efectiva actividad antimicrobiana contra gran variedad de organismos, tanto bacterias, mohos y levaduras, la cual puede ser aprovechada dentro de los distintos campos de la industria alimentaria, como aditivos naturales alternativos a los antimicrobianos sintéticos y así extender la vida útil de los alimentos (Aguilar y López, 2013).

2.3.1.1. Composición química

El aceite esencial de clavo de olor está formado por el eugenol (49 - 98%) como compuesto mayoritario, β -cariofileno (4 - 21%) y eugenil acetato (0.5 - 21%). Además se pueden encontrar pequeñas cantidades de α -humuleno (Hernández, 2011).

2.3.1.2. Toxicidad del aceite esencial

Los aceites esenciales por vía oral poseen una toxicidad débil o muy débil, la mayoría de los que se utilizan frecuentemente tienen una DL₅₀ comprendida entre 2 y 5 g/kg (anís, eucalipto, clavo de olor, canela, etc.) o lo que es más frecuente, superior a 5 g/kg (manzanilla, lavanda, etc.).

2.4. 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 y otros, 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 y otros, 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 y otros, 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).

2.4.1. 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 y otros, 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).

2.4.2. Materiales de 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 biomoléculas empleadas para la elaboración de cobertura, los hidrocoloides (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 arábiga, 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).

2.4.2.1. Coberturas a base de polisacáridos

Los carbohidratos son la base de coberturas comestibles transparentes y homogéneas con moderadas propiedades mecánicas, se muestran eficaces en propiedades de barrera de gases a pesar de que son altamente hidrofílicos, por lo que muestran altamente permeabilidad al vapor de agua en comparación con películas plásticas comerciales (Campos y otros, 2011). Algunos polisacáridos que se han utilizado con éxito como coberturas comestibles en frutas mínimamente procesadas son:

Almidón

El almidón es una mezcla de dos polímeros: la amilosa, que es lineal, y la amilopectina, que es ramificada. El almidón ha recibido una especial atención y la investigación en este polímero se ha intensificado en los últimos años, debido a su bajo costo, abundancia y alta aplicabilidad (Badui, 2006).

En los recubrimientos a base de almidón, la matriz o red se forma durante el secado de una dispersión gelatinizada mediante los puentes de hidrogeno que se establecen entre los grupos hidroxilo. La amilosa es la responsable de la capacidad formadora de las coberturas, un porcentaje mayor de este componente proporciona mayor fuerza y más flexibilidad a las coberturas, las estructuras ramificadas de amilopectina generalmente conlleva a recubrimientos con pobres propiedades mecánicas (Tamayo, 2010).

Las coberturas de almidón son transparentes o translucidas, insípidas, inodoras, incoloras, no tóxicas y seguras, se requiere generalmente la adición de plastificante para superar la fragilidad de esta (Skurtys y otros, 2010). Recubrimientos a base de almidón muestran favorablemente propiedades de barrera al oxígeno, extendiendo la vida útil del alimento (Kramer y otros, 2009). Sin embargo, la aplicación de coberturas de almidón está limitada por volverse frágiles en ambientes secos y pierden fuerza y propiedades de barrera a altas humedades relativas (Olivas y Barbosa, 2005).

Alginatos

Polisacárido que se extrae del alga café de las *Feoficeae*, donde es el componente estructural de las paredes celulares como sales de sodio, calcio o potasio. Comercialmente se extrae de *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea*, *L. digitate* y *Ascophyllum nodosum*. Su estructura química corresponde a un polímero lineal de moléculas de ácido β (1.4)-D-manosilurónico y ácido α (1.4)-L-gulosilurónico (Badui, 2006).

Sus sales iónicas pueden formar coberturas continuas, sólidas y con buenas propiedades mecánicas, especialmente si se combinan con la presencia de

cationes multivalente como el calcio por su capacidad de formación de enlaces cruzados (González y otros, 2005). Los iones de calcio son los agentes más efectivos en la gelificación. La fuerza y permeabilidad del recubrimiento puede ser alterada por la concentración del catión multivalente, velocidad de adición y tiempo de exposición, pH, temperatura y presencia de otros constituyentes. Las coberturas de alginato retardan la oxidación de los lípidos, mejora la textura, el sabor y disminuye el recuento microbiano en la superficie (Tamayo, 2010).

Carragenatos

Se extraen industrialmente como casi todos los polisacáridos sulfatados, de la pared celular de las algas marinas rojas (*Rhodoficeae*). Se utilizan en la industria alimentaria como espesantes y agentes gelificantes. Su fórmula química consiste en unidades de D-galactosa unidas por enlaces glucosídicos α (1.3) y β (1.4) alternadamente (Badui, 2006). La carragenina al dispersarse en agua requiere un ligero calentamiento para que se disuelva, pero enfriarse establece un gel, cuya calidad y rigidez depende de la concentración del polímero y de la cantidad de iones potasio, amonio o calcio que contenga el hidrocoloide (Tamayo, 2010). El uso de carragenina en coberturas comestibles se ha aplicado en frutas y hortalizas mínimamente procesadas para reducir la pérdida de humedad, oxidación y descomposición (Lin y Zhao, 2007).

Quitosano

El quitosano es un biopolímero obtenido por desacetilación de la quitina proveniente de animales como crustáceos (cangrejos, gambas, langostas, etc.) y en insectos. Este tipo de recubrimientos es efectivo en prolongar la

vida útil y mejorar la calidad de frutas enteras y cortadas ya que presenta una alta permeabilidad selectiva frente a los gases, una moderada resistencia al vapor de agua, además de poseer propiedades antimicrobianas, antifúngicas y antibacterianas. Estos aspectos lo hacen de gran interés para la preservación de alimentos y las tecnologías emergentes (Pastor, 2010; Aider, 2010).

Las cubiertas de quitosano son transparentes, firmes, algo flexibles y de buena barrera al oxígeno y se forman por moldeo de solución acuosa. Las coberturas basadas en quitosano protegen los alimentos de la degradación por hongos y modifican la atmosfera de frutos frescos (Villamán, 2007).

Además de investigaciones basadas en sus características antimicrobianas, se han evaluado y cuantificado sus propiedades mecánicas, térmicas y de permeabilidad a los gases (O_2 , CO_2), encontrándose que películas comestibles de gelatina-quitosano plastificadas con agua y polioles sufren un aumento en la permeabilidad conforme se incrementa el contenido de plastificantes. Películas compuestas de almidón de maíz-quitosano plastificadas con glicerina, muestran que la mezcla de estos dos hidrocoloides mejora sus propiedades mecánicas como la elongación a la rotura y la permeabilidad al vapor de agua, en contraste con membranas desarrolladas con uno solo de los componentes estructurales. Esto como resultado de las interacciones entre los grupos hidroxilo del almidón y los grupos amino del quitosano. Además su actividad antibacteriana no fue afectada al observarse zonas de inhibición mediante la difusión de discos del material en agar conteniendo *Escherichia coli* (Liu y otros, 2009).

Proteínas lácteas

Las proteínas de la leche se clasifican en dos grandes fracciones: La caseína y las proteínas del suero. Los caseinatos forman fácilmente coberturas en soluciones acuosas debido a su estructura desordenada y a la capacidad para formar gran número de puentes de hidrogeno e interacciones y puentes hidrofóbicos (Tamayo, 2010).

Las proteínas del suero producen coberturas transparentes, flexibles, incoloras e inodoras. Sirven como barreras moderadas contra la humedad y poseen excelentes barreras para el oxígeno. La incorporación de plastificantes reduce su fragilidad. Sus propiedades de barrera pueden ser mejoradas por la inclusión de otros formadores de película, como polisacáridos (Nussinovitch y otros, 2009).

Gluten

Las coberturas comestibles elaboradas a partir de gluten de trigo tienen muy buenas propiedades mecánicas y ópticas, y presentan buenas barreras al O₂ y al CO₂ sin embargo, sus propiedades contra la transferencia al vapor de agua son relativamente pobres (Aguilar, 2005).

Gelatina

La gelatina es extraída por la desnaturalización del colágeno, aislado de la piel de los animales, huesos y piel de pescado. La gelatina tiene muy buenas capacidades de formación de recubrimientos, que se caracterizan por sus excelentes propiedades mecánicas. Coberturas comestibles hechas a base

de gelatina reducen la migración de la humedad, el oxígeno y aceite. La gelatina es una buena barrera a gases, pero también es altamente hidrófila (Fernández y otros, 2011).

La gelatina presenta barrera limitada al vapor de agua y alta sensibilidad a las condiciones ambientales importante a la humedad relativa, contiene proteínas hidrofílicas que pueden obligar al agua molecular a atravesar puentes de hidrogeno, resultando en la adsorción del vapor de agua, que afecta las propiedades funcionales y físicas de las proteínas base de las coberturas, esto se soluciona con la ayuda de plastificantes hidrofóbicos (Carrión y otros, 2009); presenta alta protección frente al paso de oxígeno y compuestos volátiles (González y otros, 2005). Las coberturas de gelatina son conocidas porque son incoloras o transparentes, flexibles e impermeables al oxígeno cuando se usa a partir de soluciones acuosas que contienen un plastificante (Cha y Chinnan, 2004).

Las propiedades y la capacidad de formación de coberturas de gelatina están directamente relacionadas con el peso de la estructura molecular, es decir, cuanto mayor sea el peso molecular promedio, mejor será la calidad de la cobertura (Skurtys y otros, 2010).

2.4.2.2. Técnicas de aplicación de coberturas comestibles

El modo de aplicación de una cobertura comestible depende en gran medida del tipo de producto que se desee recubrir. La aplicación directa de la solución formadora de película sobre el alimento o producto, se puede llevar a cabo por métodos de inmersión, frotación, aspersion, entre otros. En el caso de productos que requieren una capa uniforme en una superficie irregular, la inmersión es la técnica que proporciona mejores resultados. Esta

técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos. La aplicación de coberturas por aspersión es el método convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión (60 – 80 psi) un menor gasto de solución formadora de película es requerido para obtener recubrimientos uniformes. El método de frotación utiliza aire comprimido (menos 5 psi ó 35 kPa) que es aplicado en líneas de empaque que poseen rodillos en movimiento para lograr una dispersión uniforme. El exceso de cobertura es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos (Aguilar, 2005).

2.4.2.3. Aditivos usados en las coberturas comestibles

Las propiedades de las coberturas y películas comestibles (funcionales, nutricionales, organolépticas y mecánicas) pueden ser mejoradas mediante el uso de aditivos tales como agentes antipardecimiento, conservantes, mejoradores de textura, plastificantes, nutraceúticos, precursores volátiles, sabores y colores; es decir buscar una ampliación de la utilidad de las coberturas para un procesamiento mínimo de frutas (Olivas y Barbosa, 2005).

Los recubrimientos se pueden utilizar como vehículo de aditivos, los cuales pueden proporcionar al producto vegetal funciones más específicas como una actividad antimicrobiana, para evitar o reducir el crecimiento de microorganismos en su superficie. Sin embargo, se ha observado que se requiere de aplicaciones pequeñas para que sus atributos de calidad no se vean afectados (Ramos–García y otros, 2010).

Se ha demostrado que algunos aditivos trabajan más eficazmente en los alimentos cuando se aplican como parte de la cobertura comestible, que

cuando se aplican como soluciones acuosas con un pulverizador o por inmersión, ya que el recubrimiento puede mantener los aditivos en la superficie de los alimentos durante más tiempo (Olivas y Barbosa, 2005). El Cuadro 6 muestra la lista de aditivos que se pueden incorporar a una cobertura comestible.

Cuadro 6. Aditivos incorporados a películas y coberturas comestibles de frutas y hortalizas

Aditivos	Ejemplos
Compuestos antipardeamiento	Ácido ascórbico
Agentes antimicrobianos	Sorbato de potasio
Mejoradores de textura	Cloruro de calcio
Nutrientes	Vitamina E
Precusores de aroma	Ácido linoleico
Probióticos	<i>Bacillus lactis</i>
Aromas y colorantes	Purés de manzana

Fuente: Olivas y otros (2009).

Plastificantes

Las coberturas y películas comestibles necesitan tener una buena elasticidad y flexibilidad, poca fragilidad, alta resistencia y prevenir el agrietamiento durante su manejo y almacenamiento. Por lo tanto, los plastificantes de bajo peso molecular (no volátil) típicamente son añadidos a la película de hidrocoloide formando soluciones para modificar la flexibilidad de coberturas comestibles (Skurtys y otros, 2010).

Los plastificantes con características tales como el tamaño pequeño, alta polaridad, más grupos polares por molécula, y una mayor distancia entre los grupos polares en una molécula generalmente imparten mayores efectos plastificantes en un sistema polimérico. En general, los plastificantes son necesarios para coberturas comestibles basadas en polisacáridos o proteínas. Su cantidad añadida en coberturas varía entre 10 y 60% en peso de los hidrocoloide. Los plastificantes más usados son: polioles como propilenglicol, glicerol, sorbitol, el glicol de polietileno, oligosacáridos (sacarosa) y el agua (Skurtys y otros, 2010). Sin embargo, el agua pierde esa capacidad con facilidad debido a la deshidratación en un ambiente de baja humedad relativa (Lin y Zhao, 2007).

Debido al aumento en la movilidad de las cadenas, el plastificante puede reducir la formación de poros y grietas, mejorando la uniformidad de la cobertura, por lo que se espera que las coberturas exhiban mayor resistencia al vapor de agua, que una no plastificada, pero el carácter hidrofílico de los plastificantes como el glicerol favorece la absorción y desorción de moléculas de agua para promover la permeabilidad (García y otros, 2009), los plastificantes hidrofílicos suelen aumentar la permeabilidad al vapor de agua de las coberturas (Lin y Zhao, 2007).

La adición de plastificantes puede provocar cambios significativos en las propiedades de barrera de las coberturas, por ejemplo aumentar la permeabilidad a los gases (o compuestos aromáticos), disminuyen la capacidad de la película para atraer o disminuir la resistencia a la tracción (Skurtys y otros, 2010).

Tensoactivos

Son usados en coberturas heterogéneas de partículas hidrofóbicas dentro de una matriz hidrófila. Pueden ser utilizados para estabilizar la fase dispersa en una solución polimérica antes del secado de la cobertura, o antes de que se apliquen a las superficies de los alimentos. Emulsionantes también pueden utilizarse para mejorar la adherencia en la interfase entre el alimento y el revestimiento (Quezada–Gallo, 2009).

Antimicrobianos

Los antimicrobianos continúan estando entre los aditivos alimentarios más importantes. Actualmente, debido a la demanda por parte del consumidor de productos frescos mínimamente procesados como son las frutas frescas y frescas cortadas envasadas bajo diferentes atmósferas y refrigeradas, está aumentando el interés por los antimicrobianos de origen natural que puedan extraerse para ser utilizados con el fin de prolongar la vida útil y la seguridad para el consumidor (Raybaudi–Massilia y otros, 2006).

Los antimicrobianos alimentarios son compuestos químicos añadidos o presentes en los alimentos que retardan el crecimiento o causan la muerte de los microorganismos, aumentando así la resistencia de los agentes antimicrobianos son los microorganismos productores de intoxicaciones alimentarias (agentes infecciosos y productores de toxinas) y los que alteran los alimentos, cuyos productos metabólicos finales (catabolitos) o enzimas causan malos olores, sabores desagradables, problemas de textura, cambios de coloración o riesgo sanitario (Raybaudi–Massilia y otros, 2006).

Cuando el antimicrobiano se aplica directamente sobre la superficie del alimento (por inmersión o pulverización), sus sustancias activas son neutralizadas o se pueden difundir inadecuadamente en la superficie del alimento. Una alternativa para evitar este problema es la incorporación del antimicrobiano dentro de la cobertura comestible. Las coberturas comestibles pueden servir como portadores de la liberación de los antimicrobianos en la superficie de los alimentos, control de crecimiento de patógenos o de descomposición (Ávila–Sosa y otros, 2010).

Para la selección de un antimicrobiano, se debe considerar su eficacia contra los microorganismos y las posibles interacciones entre este, el biopolímero formador de la cobertura, y los demás componentes de los alimentos presentes, siendo estos factores claves para el desarrollo de las películas y revestimientos antimicrobianos, ya que estas interacciones pueden modificar la actividad de los antimicrobianos y las características de la película. También la mayoría de los antimicrobianos compuestos tienen propiedades antioxidantes (García y otros, 2009).

La eficacia de los antimicrobianos alimentarios depende de muchos factores entre los que se incluyen: el pH, la capacidad amortiguadora del alimento, el tiempo y la temperatura de almacenamiento del mismo, el microorganismo de interés, el tipo y la concentración del antimicrobiano. Por otra parte, entre los factores que influyen en la actividad antimicrobiana se encuentran la resistencia específica entre células vegetativas y esporas, las diferencias entre cepas, el nivel inicial de microorganismos, la interacción con otros microorganismos y el estado de los mismos (Raybaudi–Masisilia y otros, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materia prima, insumos y envases

Materia prima

Las bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), fueron obtenidas del Mercado Mayorista de Trujillo, procedentes de la Provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

Insumos

- Almidón de maíz. Marca Duryea.
- Gelatina (gel base). Marca Lynros
- Glicerol. Marca Suman.
- Aceite esencial de clavo de olor. Marca Aromas del Perú. Ficha técnica se presenta en el Anexo 4.
- Hipoclorito de sodio
- Agua de mesa. Marca San Luis.
- Agar Sabouraud
- Cloruro de sodio 0.9%

Envases

Los aguaymantos con cobertura comestible completamente secos fueron envasados en bandejas de plástico pequeñas tipo “clamshell” de 170 g de capacidad, marca Colca del Perú S.A. Cada envase contuvo aproximadamente 150 g del fruto.

3.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

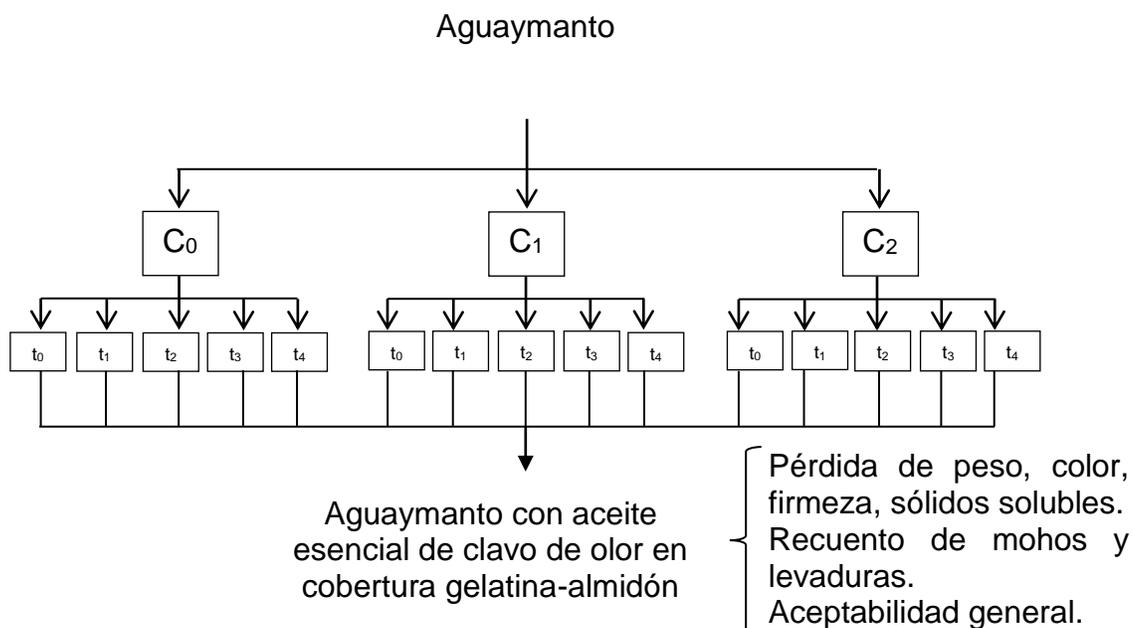
- Balanza analítica. Marca METTLER TOLEDO. Capacidad 0 – 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Refractómetro. Marca THOMAS SCIENTIFIC, Rango: 0 – 32 °Brix, +/- 0.2%.
- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C.
- Colorímetro Konica–Minolta. Modelo CR – 400.
- Texturómetro Instron modelo 3342.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C.
- Ventiladores, vasos de precipitación, placas Petri y cucharas de acero inoxidable

3.4. Método experimental

3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de bayas de aguaymanto con cobertura comestible de almidón–gelatina y aceite esencial de clavo de olor.

La investigación tuvo como variables independientes las concentraciones de aceite esencial de clavo de olor y el tiempo de almacenamiento; y como variables dependientes las características fisicoquímicas (pérdida de peso,

color, firmeza, y sólidos solubles), recuento de mohos y levaduras y sensoriales (aceptabilidad general); las cuales se indican en la Figura 1.



Leyenda:

C_0 : Concentración inicial

C_1 : Concentración de clavo de olor al 0.1%.

C_2 : Concentración de clavo de olor al 0.2%.

t_0 : Tiempo de almacenamiento refrigerado 0 días.

t_1 : Tiempo de almacenamiento refrigerado 7 días.

t_2 : Tiempo de almacenamiento refrigerado 14 días.

t_3 : Tiempo de almacenamiento refrigerado 21 días.

t_4 : Tiempo de almacenamiento refrigerado 30 días.

Figura 1. Esquema experimental para la investigación sobre bayas de aguaymanto con cobertura a base de gelatina – almidón y clavo de olor

3.4.2. Procedimiento experimental de coberturas en bayas de aguaymanto.

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo para la obtención de bayas de aguaymanto fresco con cobertura comestible en refrigeración.

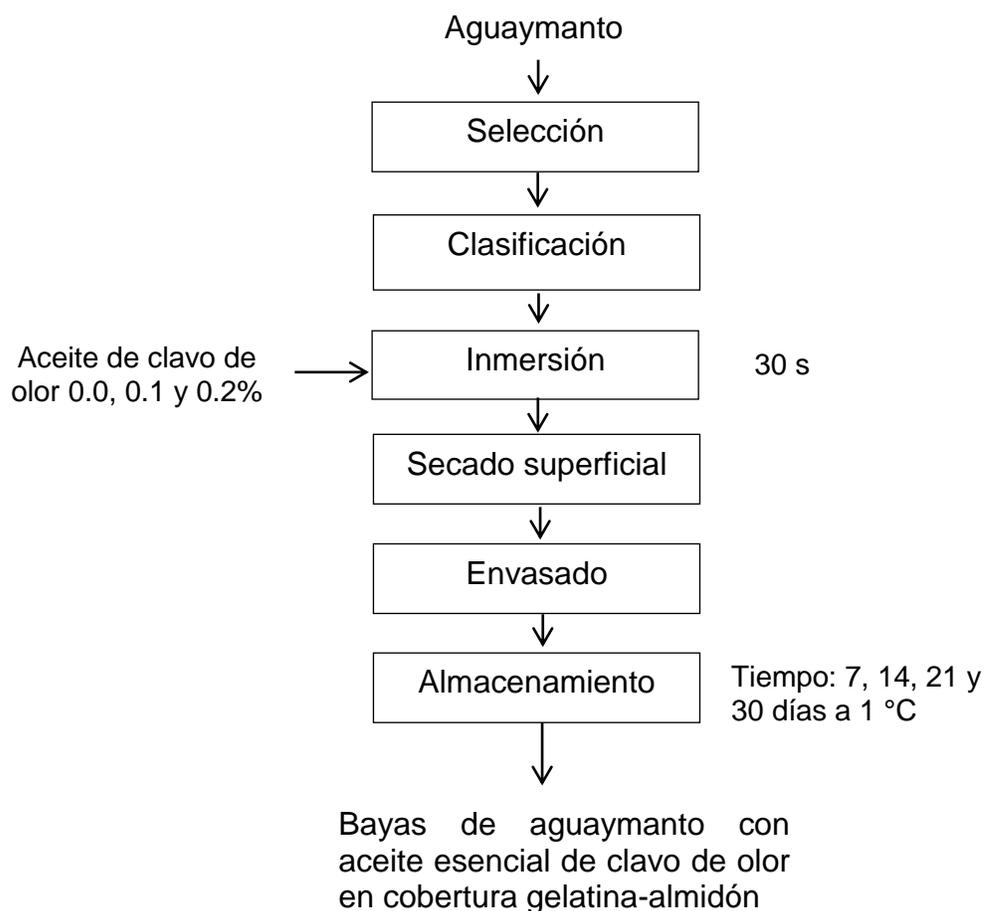


Figura 2. Procedimiento experimental para cubrir bayas de aguaymanto con cobertura comestible a base de gelatina – almidón y aceite esencial de clavo de olor.

A continuación se describe cada operación para obtener bayas de aguaymanto fresco con cobertura comestible en refrigeración:

Selección

Las bayas fueron seleccionadas manualmente considerando ausencia de daños físicos e infección por hongos (Herrera, 2013).

Clasificación

Se clasificaron en base a sus atributos de calidad como uniformidad de tamaño 5 – 6 mm de diámetro, color uniforme y se eliminaron los que no cumplieron con las condiciones requeridas (Herrera, 2013).

Inmersión

Las bayas de aguaymanto se sumergieron en cada una de las formulaciones de cobertura de gelatina–almidón, adicionando las diferentes concentraciones de aceite esencial de clavo de olor al 0.0, 0.1 y 0.2% durante 30 s a temperatura ambiente (Márquez y Pretell, 2010).

Secado superficial

Se colocaron las bayas de aguaymanto sobre una malla, donde se secó con aire forzado impulsado con ventiladores durante 10 min con la finalidad de formar la cobertura comestible (Márquez y Pretell, 2010).

Envasado.

Las bayas de aguaymanto con cobertura se envasaron en bandejas tipo “clamshell”, utilizadas especialmente para exportación.

Almacenamiento

Los frutos de aguaymanto envasados fueron almacenados en refrigeración a una temperatura de 1 ± 0.5 °C, y una humedad relativa entre 85 – 90% durante 30 días, siendo evaluados periódicamente (0, 7, 14, 21 y 30 días) en pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general.

3.4.3. Elaboración solución de coberturas comestibles

La cobertura a base de gelatina–almidón se elaboró en solución al 1.5% de gelatina, la cual se hidrató previamente por 1 hora, posteriormente se calentó a 90 °C y se adicionó el almidón al 0.5%. La solución se removió durante 10 min, luego se enfrió hasta temperatura ambiente y se adicionó el plastificante glicerol al 27% en función de la mezcla gelatina–almidón, y las diferentes concentraciones de aceite esencial de clavo de olor al 0.1 y 0.2% (Márquez y Pretell, 2009).

Cuadro 7.- Formulación para la elaboración de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor en base a 1 L. de agua

	Co	C1	C2
GELATINA	15 g	15 g	15 g
ALMIDÓN	5 g	5 g	5 g
GLICEROL	270 g	270 g	270 g
ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR	-	1 mL.	2 mL.

Las muestras con coberturas y aceite esencial de clavo de olor, así como, la muestra con cobertura sin aceite esencial de clavo de olor fueron

almacenadas a 1 °C durante 30 días. La pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles y recuento de mohos y levaduras fueron evaluadas cada 7 días. La aceptabilidad general se evaluó al inicio y final del almacenamiento.

3.5. Método de análisis

3.5.1. Pérdida de peso

Se determinó por diferencia de peso en diferentes tiempos de evaluación. Los datos se expresaron en porcentaje, respecto al peso inicial (Martínez-Romero y otros, 2007).

3.5.2. Color

Se determinó el color usando el sistema CIELAB, usando el colorímetro Kónica-Minolta, modelo CR-400. Posteriormente se determinó la luminosidad L^* (0 para negro y 100 para blanco), valor a^* (-120 a +120 de rojizo a verduzco) y valor b^* (-120 a +120 de amarillento a azulado). El colorímetro fue calentado durante 20 minutos y calibrado con un blanco estándar previamente a su uso (Martínez-Romero y otros, 2007).

3.5.3. Firmeza

La firmeza se determinó de manera instrumental utilizando texturómetro Instron modelo 3342, reportándose el promedio de 7 mediciones. Los parámetros de medición fueron los siguientes (Ruíz, 2009):

- Modo: Medida de fuerza en compresión
- Opción: Retorno al inicio.
- Velocidad de Test: 1.0 m/s
- Velocidad de Post – Test: 10.0 m/s
- Distancia: 50%
- Trigger Tipo: Auto – 5 g
- Rango de adquisición de datos: 200 puntos por s.

3.5.4. Sólidos solubles

Los sólidos solubles se determinaron mediante la medición del jugo homogenizado extraído de las bayas de aguaymanto utilizando un refractómetro THOMAS SCIENTIFIC (0 - 32% sólidos solubles), calibrado a 20 °C (Martínez-Romero y otros, 2007).

3.5.5. Recuento de mohos y levaduras

Se separaron asépticamente 10 g de muestra que se homogenizaron en 90 mL de cloruro de sodio al 0.9%. Se realizaron diluciones en 9 mL de cloruro de sodio al 0.9 con 1 mL de alícuota y se extendió en la superficie del agar. La numeración de mohos y levaduras se realizaron en agar Sabouraud, se incubó a 21 °C por 2 días. Los resultados se reportaron en ufc/g (Martínez-Romero y otros, 2007).

3.5.6. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general de las muestras de aguaymanto se evaluaron usando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta bastante, 6: me gusta ligeramente, 5: ni me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta ligeramente, 3: me

disgusta bastante, 2: me disgusta mucho y 1: me disgusta muchísimo (Carpenter, 2002). En la Figura 3, se presenta la ficha de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad general de bayas de aguaymanto con coberturas comestibles en refrigeración.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
Nombre: _____		Fecha: _____	
Producto: Aguaymanto fresco			
Observe y pruebe cada aguaymanto fresco, indique el grado en que le gusta o disgusta cada una, marcando con (X) en el espacio correspondiente.			
ESCALA	MUESTRAS		
	125	137	947
Me gusta muchísimo
Me gusta mucho
Me gusta bastante
Me gusta ligeramente
Ni me gusta ni me disgusta
Me disgusta ligeramente
Me disgusta bastante
Me disgusta mucho
Me disgusta muchísimo
Comentarios: _____			

Fuente: Carpenter (2002)

Figura 3. Ficha de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad general de bayas de aguaymanto frescos con coberturas comestibles en refrigeración.

3.6. Método estadístico

El diseño estadístico aplicado para la evaluación paramétrica de la pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles y recuento de mohos y levaduras corresponde a un arreglo factorial 3*5, con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó la prueba de Levene modificada para evaluar la homogeneidad de varianzas, seguido del análisis de varianza, finalmente la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Los datos procedentes de la prueba de aceptabilidad general fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22.0 y para la elaboración de los gráficos se usó el paquete estadístico Statgraphics Centurion®, versión XVI.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso

En la Figura 4 se muestra el porcentaje de pérdida de peso en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos. Se observa el incremento de la pérdida de peso en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

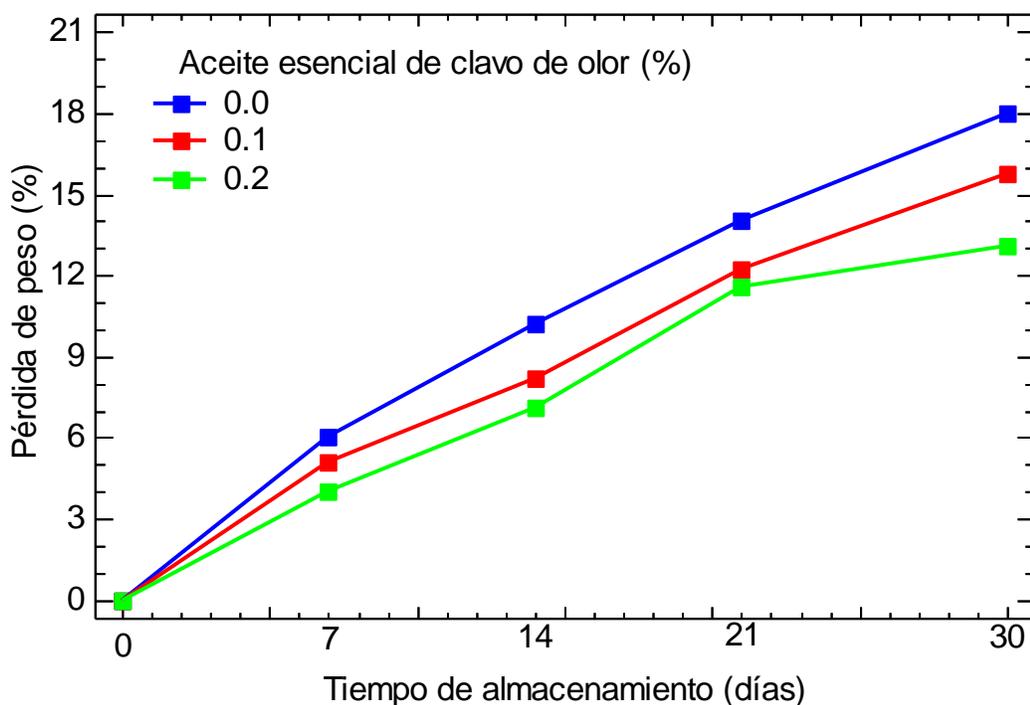


Figura 4. Pérdida de peso en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

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 menor porcentaje de pérdida de peso a los 30 días de almacenamiento, con 15.78 y 13.11%, respectivamente, el tratamiento control presentó mayor porcentaje de pérdida de peso con 18.00%. Los resultados de pérdida de peso durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

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 porcentaje de pérdida de peso; las bayas de aguaymanto con gelatina al 8% presentaron menor incremento con 6.89% y el tratamiento control presentó mayor pérdida de peso con 24.50%. Estos valores son menores a los reportados en esta investigación, esto debido a la mayor concentración de gelatina en la formulación de la cobertura (4 y 8%) en comparación con 0.1 y 0.2%, según Sánchez (2014) las películas de gelatina reducen la difusión del vapor de agua; el espesor de la barrera y la permeabilidad a la humedad de las coberturas a base de gelatina son factores importantes desde el punto de vista de la velocidad de transferencia de masa.

Así mismo, 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 las menores pérdidas de peso

a los 35 días de almacenamiento a 2 °C, con 6.10% para las tratadas con la cobertura con aceite esencial de clavo de olor y 6.45% para las uvas tratadas con cobertura con aceite esencial de canela; mientras que las uvas envasadas en bolsa de polietileno de baja densidad mostraron las mayores pérdidas de peso con 8.46% en las uvas con cobertura con aceite esencial de clavo de olor, y 9.45% las que usaron cobertura con aceite esencial de canela. Estos valores fueron menores en comparación a los que se presentaron en la presente investigación.

La pérdida de agua ocurre cuando la presión de vapor de agua del medio externo es menor que la del fruto internamente y trae como consecuencia una disminución de peso a lo largo del tiempo. La aplicación de recubrimientos comestibles probablemente no permite que el fruto pierda agua en exceso; controlando la causa principal de deterioro (Castro y González, 2010).

Cabe resaltar que las coberturas de polisacáridos se muestran eficaces en propiedades de barrera de gases a pesar de que son altamente hidrofílicas (Campos y otros, 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 y otros, 2009).

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 y otros, 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 O₂ y CO₂.

La mayoría de las películas y coberturas tienen propiedades mecánicas y estructurales deseables que las hacen útiles para mejorar la integridad estructural de productos frágiles. Por lo tanto, hay una relación estrecha entre las propiedades de barrera al vapor de agua y la microestructura de las coberturas, ya que las coberturas con morfología superficial más uniforme y menos defectos (fracturas, poros) exhiben valores bajos de permeabilidad al vapor de agua (Bosquez, 2003).

La adición de aceites esenciales y antimicrobianos pueden mejorar las propiedades de barrera de las películas y coberturas hechas con frutas. Aceites esenciales como canela, clavo y otros, mejoran el comportamiento barrera y mecánico de la película (Lin y Zhao, 2007).

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).

Quezada-Gallo (2009) sugiere que la permeabilidad al vapor de agua de la cobertura comestible depende de las interacciones entre la proteína y agente antimicrobiano, justificación en la que se puede basar la menor pérdida de

peso en la presente investigación, gracias al especial comportamiento e interacción de los aceites esenciales y la gelatina como parte proteica de la cobertura comestible. Así mismo, Sánchez (2012) indica que la menor pérdida de peso depende de la interacción entre el tipo de almidón y la concentración y características fisicoquímicas de los agentes antimicrobianos.

En el Cuadro 8, se presenta 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.

Cuadro 8. Prueba de Levene modificada para pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor

Variable	Estadístico de Levene	P
Pérdida de peso (%)	0.840	0.621

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza para la pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, el cual muestra que la concentración de aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento refrigerado presentaron efecto significativo ($p<0.05$).

Cuadro 9. Análisis de varianza para pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Pérdida de peso (%)	Aceite esencial: A	46.637	2	23.319	14.138	0.000
	Tiempo de almacenamiento: T	1365.472	4	341.368	206.967	0.000
	A*T	19.832	8	2.479	1.503	0.198
	Error	49.481	30	1.649		
	Total	1481.422	44			

Resultados similares fueron reportados por Castro y González (2010) donde determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la cobertura comestible a base de gelatina con adición de aceite esencial de orégano y tiempo de almacenamiento de 35 días a temperatura ambiente sobre la pérdida de peso de bayas de aguaymanto.

Del mismo modo Sánchez (2012) determinó efecto significativo ($p < 0.05$) del aceite esencial de clavo de olor y canela en cobertura comestible, tipo de envase y tiempo de almacenamiento de 35 días a 2 °C sobre la pérdida de peso en uva Red Globe.

En el Cuadro 10, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de pérdida de peso en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, observándose que existió efecto significativo por la formación de los subgrupos. En el subgrupo 7 se tiene al tratamiento evaluado al día 30 de

4.2. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre el color

En la Figura 5 se muestra los valores de L^* en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar la disminución de L^* en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

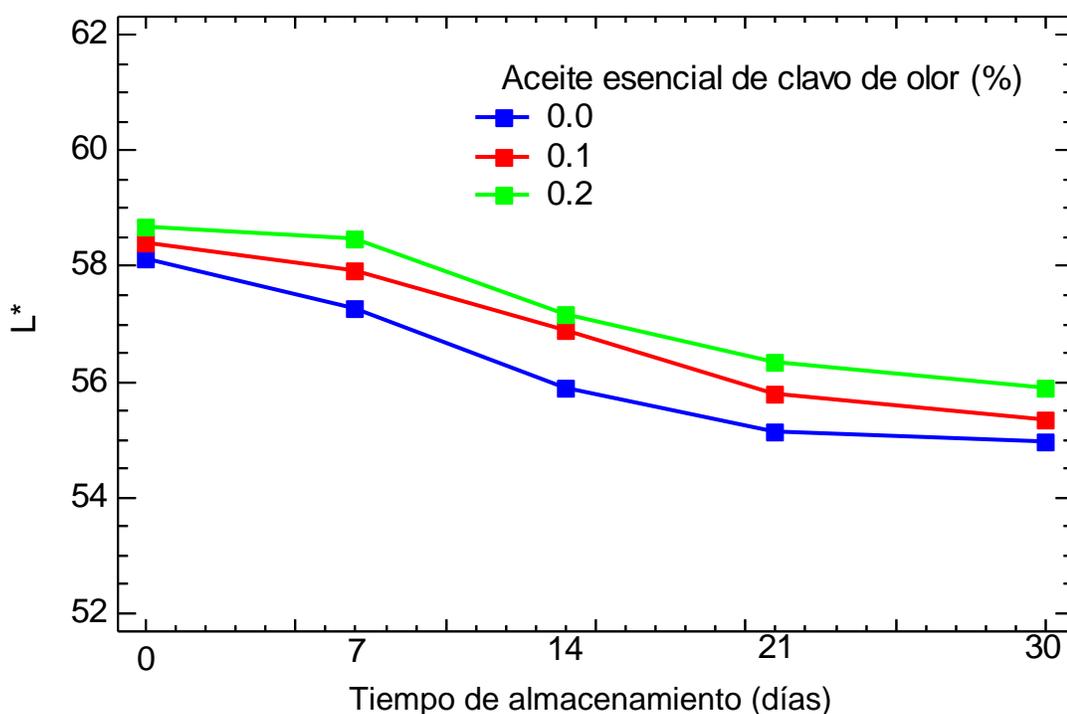


Figura 5. Valores de L^* en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función a los días de almacenamiento

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 valores de L^* a los 30 días de almacenamiento, con 55.35 y 55.87, respectivamente, el tratamiento control presentó menor valor

de L^* con 54.97. Los resultados de L^* durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

Tendencias similares fueron reportadas 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 mayores valores de L^* a los 35 días de almacenamiento a 2 °C, con 22.74 para las tratadas con la cobertura con aceite esencial de clavo de canela y 22.45 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 presentaron los menores valores con 21.43 en las uvas con cobertura con aceite esencial de clavo de olor, y 21.06 para las que usaron cobertura con aceite esencial de canela.

El color es el cambio más obvio que se presenta en muchos frutos y es, a menudo, el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si un fruto está maduro o no. Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos, son producto, principalmente, de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas (Sánchez, 2012).

En la Figura 6 se muestra los valores de a^* en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar la disminución de los valores de a^* en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

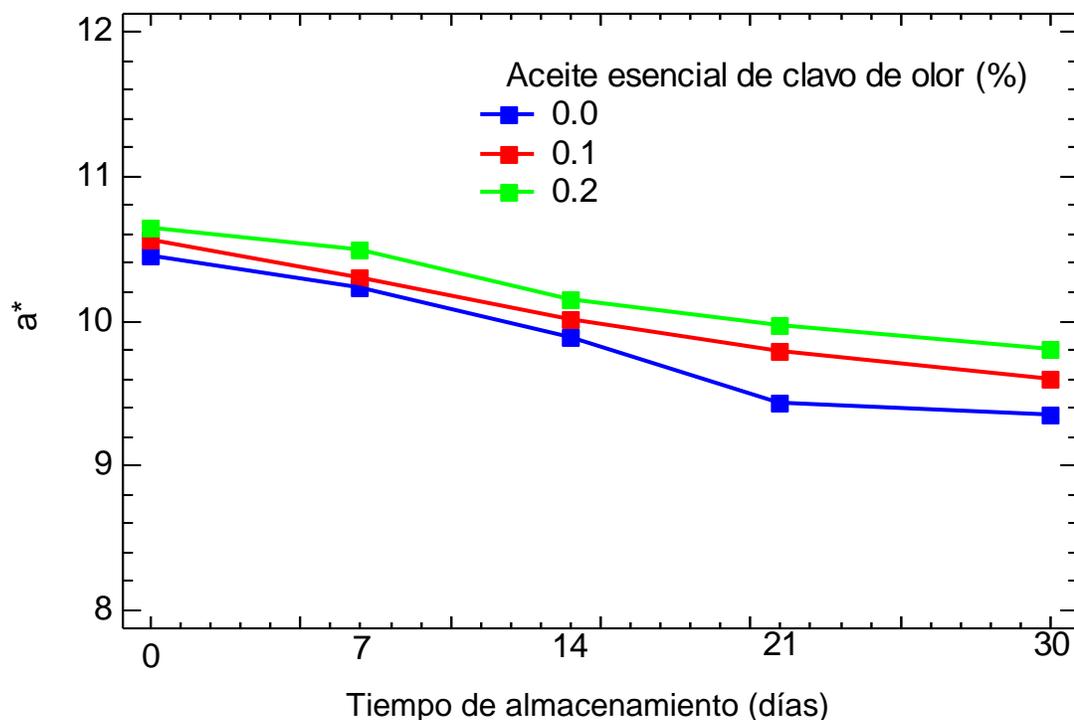


Figura 6. Valores de a^* en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

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 valores de a^* a los 30 días de almacenamiento, con 9.60 y 9.80, respectivamente, el tratamiento control presentó menor valor con 9.35. Los resultados de a^* durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

En la Figura 7 se muestra los valores de b^* (tonalidades azul-amarillas) en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar un aumento de los valores de b^* 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 valores de b^* a los 30 días de almacenamiento, con 46.40 y 46.70, respectivamente, el tratamiento control presentó menor valor de b^* con 44.35. Los resultados de b^* durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

La coloración de los frutos de aguaymanto, se debe principalmente al pigmento α -caroteno, las coberturas a base de gelatina crean una microatmósfera alrededor del fruto, actuando como barrera al intercambio gaseoso; evitado la oxidación de los carotenoides (compuestos estables al calor, pero susceptibles a la de otros que oxidan) y favoreciendo a la conservación del color (Castro y González, 2010).

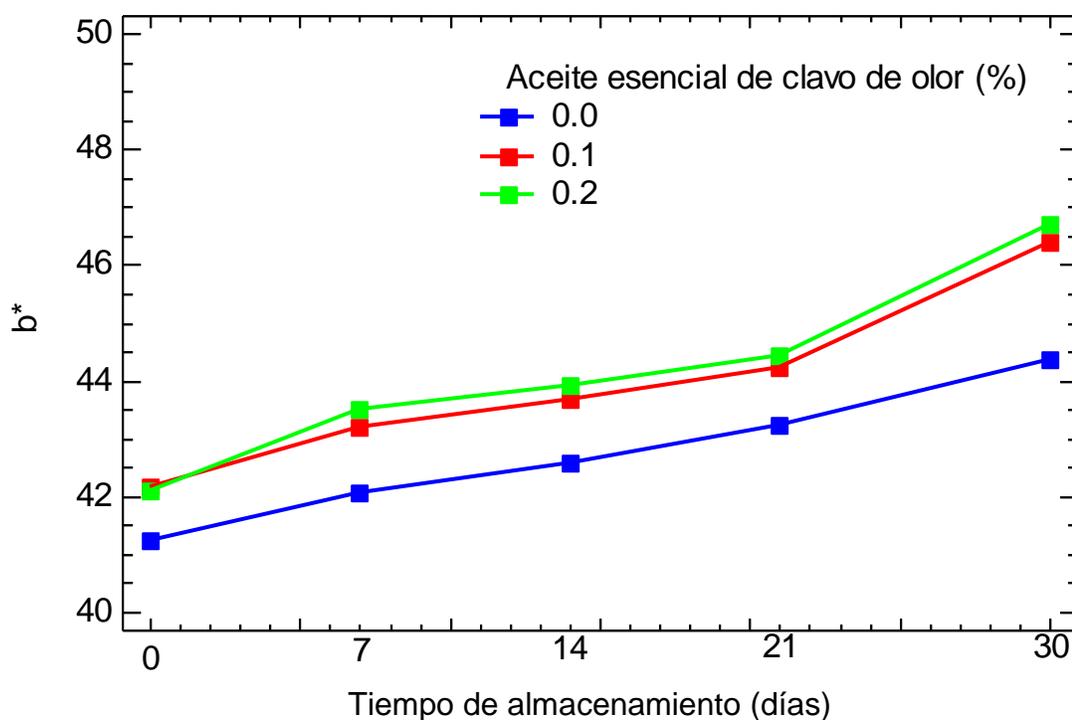


Figura 7. Valores de b^* en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de L^* , a^* y b^* 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.

Cuadro 11. Prueba de Levene modificada para L^* , a^* y b^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor

Variable	Estadístico de Levene	P
L^*	0.880	0.583
a^*	0.710	0.746
b^*	1.050	0.435

En el Cuadro 12, se muestra el análisis de varianza para L^* , a^* y b^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible. Para L^* y b^* el análisis de varianza muestra que la concentración de aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento refrigerado presentaron efecto significativo ($p < 0.05$). Para a^* el tiempo de almacenamiento refrigerado presentó efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 12. Análisis de varianza para L*, a* y b* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
L*	Aceite esencial: A	8.063	2	4.032	4.825	0.015
	Tiempo de almacenamiento: T	61.176	4	15.294	18.305	0.000
	A*T	0.806	8	0.101	0.121	0.998
	Error	25.066	30	0.836		
	Total	95.111	44			
a*	Aceite esencial: A	0.894	2	0.447	2.126	0.137
	Tiempo de almacenamiento: T	5.889	4	1.472	7.004	0.000
	A*T	0.154	8	0.019	0.091	0.999
	Error	6.306	30	0.210		
	Total	13.243	44			
b*	Aceite esencial: A	18.431	2	9.215	7.497	0.002
	Tiempo de almacenamiento: T	78.211	4	19.553	15.907	0.000
	A*T	2.147	8	0.268	0.218	0.985
	Error	36.875	30	1.229		
	Total	135.663	44			

En los Cuadros 13, 14 y 15 se presentan los resultados de la Prueba de comparaciones múltiples de Duncan como un apoyo para determinar la tendencia hacia los tratamientos de mayor retención de color (parámetros L*, a* y b*), a partir de esta prueba se puede visualizar que existió diferencia significativa entre los tratamientos para todos los parámetros de color, denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para L* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible con aceite de clavo de olor

Aceite esencial de clavo de olor (%)	Tiempo (días)	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
0.0	30	54.97					
0.0	21	55.11					
0.1	30	55.35	55.35				
0.1	21	55.79	55.79	55.79			
0.2	30	55.87	55.87	55.87			
0.0	14	55.88	55.88	55.88			
0.2	21	56.34	56.34	56.34	56.34		
0.1	14		56.88	56.88	56.88	56.88	
0.2	14			57.14	57.14	57.14	57.14
0.0	7			57.25	57.25	57.25	57.25
0.1	7				57.90	57.90	57.90
0.0	0					58.13	58.13
0.1	0					58.38	58.38
0.2	7					58.47	58.47
0.2	0						58.68

En el Cuadro 13, se observa en el subgrupo 3, al tratamiento evaluado al día 30 de almacenamiento refrigerado, donde la cobertura comestible de

gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó el valor más alto de L* con 55.87.

Con respecto a a* (Cuadro 14) se observa en el subgrupo 4 al tratamiento evaluado al día 30 de almacenamiento refrigerado, donde la cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó el valor más alto de a* con 9.80.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para a* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Aceite esencial de clavo de olor (%)	Tiempo (días)	Subgrupo			
		1	2	3	4
0.0	30	9.35			
0.0	21	9.43	9.43		
0.1	30	9.60	9.60	9.60	
0.1	21	9.79	9.79	9.79	9.79
0.2	30	9.80	9.80	9.80	9.80
0.0	14	9.88	9.88	9.88	9.88
0.2	21	9.97	9.97	9.97	9.97
0.1	14	10.01	10.01	10.01	10.01
0.2	14	10.14	10.14	10.14	10.14
0.0	7	10.22	10.22	10.22	10.22
0.1	7		10.30	10.30	10.30
0.0	0			10.45	10.45
0.2	7			10.49	10.49
0.1	0				10.56
0.2	0				10.64

Para b^* (Cuadro 15) se observa en el subgrupo 5 a los tratamientos evaluados al día 30 de almacenamiento refrigerado, donde las coberturas comestibles de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.1 y 0.2% presentaron los valores más altos de b^* con 46.40 y 46.70, respectivamente.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para b^* en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Aceite esencial de clavo de olor (%)	Tiempo (días)	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
0.0	0	41.22				
0.0	7	42.05	42.05			
0.2	0	42.09	42.09	42.09		
0.1	0	42.18	42.18	42.18		
0.0	14	42.57	42.57	42.57	42.57	
0.1	7	43.18	43.18	43.18	43.18	
0.0	21	43.23	43.23	43.23	43.23	
0.2	7		43.52	43.52	43.52	
0.1	14		43.67	43.67	43.67	
0.2	14		43.93	43.93	43.93	
0.1	21			44.22	44.22	
0.0	30				44.35	
0.2	21				44.42	
0.1	30					46.40
0.2	30					46.70

4.3. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza

En la Figura 8 se muestra la firmeza en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar la disminución de la firmeza en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

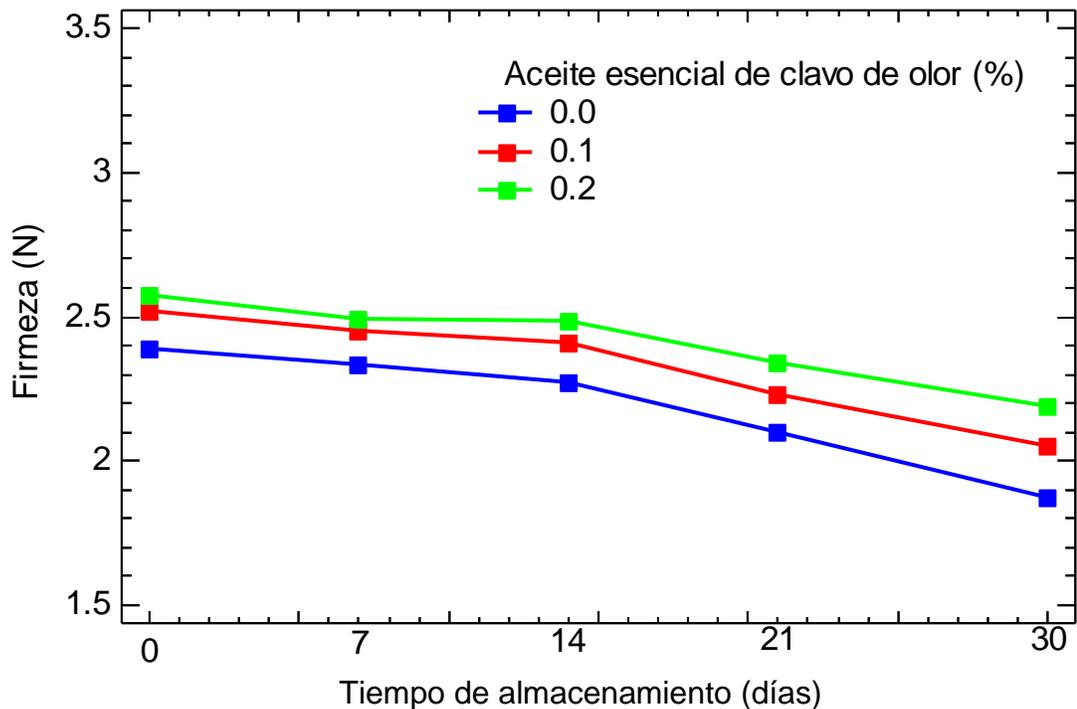


Figura 8. Firmeza en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

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 mayor retención de firmeza a los 30 días de almacenamiento, con 2.05 y 2.19 N, respectivamente, el tratamiento control presentó menor

firmeza con 1.87 N. Los resultados de firmeza durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

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 la firmeza disminuyó; las bayas de aguaymanto con gelatina al 8% presentaron mayor firmeza con 2.06 N y el tratamiento control presentó menor firmeza con 1.82 N. Estos valores son cercanos a los reportados en esta investigación.

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 mayor retención de firmeza a los 35 días de almacenamiento a 2 °C, con 6.77 N para las uvas tratadas con la cobertura con aceite esencial de clavo de olor y 6.61 N para las uvas tratadas con cobertura con aceite esencial de canela; mientras que las uvas envasadas en bolsa de polietileno de baja densidad mostraron las menores retenciones de firmeza con 6.28 N en las uvas con cobertura con aceite esencial de clavo de canela, y 6.15 N las que usaron cobertura con aceite esencial de clavo de olor.

Según Castro y González (2010) la pérdida de firmeza se debe a la maduración; a medida que va alcanzando la madurez comercial, la fruta se

va ablandando, por disolución de la lámina media de sus paredes celulares. Los principales compuestos que cambian son las celulosas, las hemicelulosas y las pectinas.

El ablandamiento del tejido durante el almacenamiento puede ser atribuido a la disminución de la actividad de enzimas involucradas en la eliminación de radicales libres de oxígeno durante la maduración, como la catalasa, peroxidasa, polifenoloxidasa y lipooxigenasa, los cuales contribuyen a preservar propiedades mecánicas de frutas y vegetales (Málaga y otros, 2013; Rojas, 2015).

Márquez y Pretell (2010) mencionan que la firmeza es una cualidad sensorial, con un rol muy relevante en la determinación de la aceptabilidad por parte de los consumidores. La firmeza de los frutos está influenciada por factores estructurales y químicos: constituyentes bioquímicos de los organelos celulares, contenido de agua y composición de la pared celular. Cualquier agente externo que afecte a uno o varios de estos factores puede modificar la firmeza y, en consecuencia, inducir cambios que modifiquen la calidad final del producto. Los cambios de la estructura de la pared celular, y en su composición son debido a la acción conjunta de enzimas hidrolasas, principalmente la poligalacturonasa, β -galactosidasa, pectatoliasa, celulasa y pectinmetilesterasa, que han sido descritas como las responsables del ablandamiento de las frutas.

Los recubrimientos comestibles mantienen mejor la firmeza al minimizar la pérdida de agua; la degradación de la membrana y pared celular luego de procesamiento se ve influenciada por la pérdida de peso, y resulta en la pérdida de turgencia (García y otros, 2009).

La adición del aceite esencial le confiere a la estructura matriz de la cobertura un carácter hidrofóbico, así, a mayor concentración de aceite, mayor hidrofobicidad lo cual nos señala una menor permeabilidad al vapor de agua, es decir, una mejor barrera a la humedad (Sánchez, 2012). Esto puede justificar los resultados obtenidos ya que al tener una mejora en la barrera a la humedad, permitió tener una menor pérdida de agua por consiguiente una mayor retención de firmeza en las uvas con cobertura comestible con la adición de aceites esenciales.

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza 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.

Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para firmeza en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza (N)	0.810	0.650

En el Cuadro 17, se muestra el análisis de varianza para la firmeza en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, el cual muestra que la concentración de aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento refrigerado presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 17. Análisis de varianza para firmeza en bayas de aguaymanto con cobertura de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor en función al tiempo de almacenamiento

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Firmeza (N)	Aceite esencial: A	0.380	2	0.190	17.399	0.000
	Tiempo de almacenamiento: T	1.214	4	0.304	27.788	0.000
	A*T	0.025	8	0.003	0.290	0.964
	Error	0.328	30	0.011		
	Total	1.948	44			

Resultados similares fueron reportados por Castro y González (2010), donde determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la cobertura comestible a base de gelatina con adición de aceite esencial de orégano y tiempo de almacenamiento de 35 días a temperatura ambiente sobre la firmeza de bayas de aguaymanto.

Sánchez (2012) sólo determinó efecto significativo ($p < 0.05$) del tipo de envase y tiempo de almacenamiento de 35 días a 2 °C sobre la pérdida de peso en uva Red Globe. No hubo efecto del tipo de aceite esencial (canela y clavo de olor) a comparación con lo obtenido en esta investigación.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para firmeza en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Aceite esencial de clavo de olor (%)	Tiempo (días)	Subgrupo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
0.0	30	1.87							
0.1	30		2.05						
0.0	21		2.10	2.10					
0.2	30		2.19	2.19	2.19				
0.1	21		2.23	2.23	2.23	2.23			
0.0	14			2.27	2.27	2.27	2.27		
0.0	7				2.33	2.33	2.33	2.33	
0.2	21				2.34	2.34	2.34	2.34	
0.0	0					2.39	2.39	2.39	2.39
0.1	14					2.41	2.41	2.41	2.41
0.1	7						2.45	2.45	2.45
0.2	14							2.48	2.48
0.2	7							2.49	2.49
0.1	0							2.52	2.52
0.2	0								2.57

En el Cuadro 18, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de firmeza en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, observándose que existió efecto significativo por la formación de los subgrupos. En el subgrupo 4 se tiene al tratamiento evaluado al día 30 de

almacenamiento refrigerado, donde la cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó el valor más alto con 2.19 N.

4.4. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento sobre los sólidos solubles

En la Figura 9 se muestra los sólidos solubles en función al tiempo 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 de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.1 y 0.2% presentaron menor contenido de sólidos solubles a los 30 días de almacenamiento, con 15.81 y 15.19 °Brix, respectivamente, el tratamiento control presentó mayor contenido de sólidos solubles con 16.71°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. Los resultados del contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

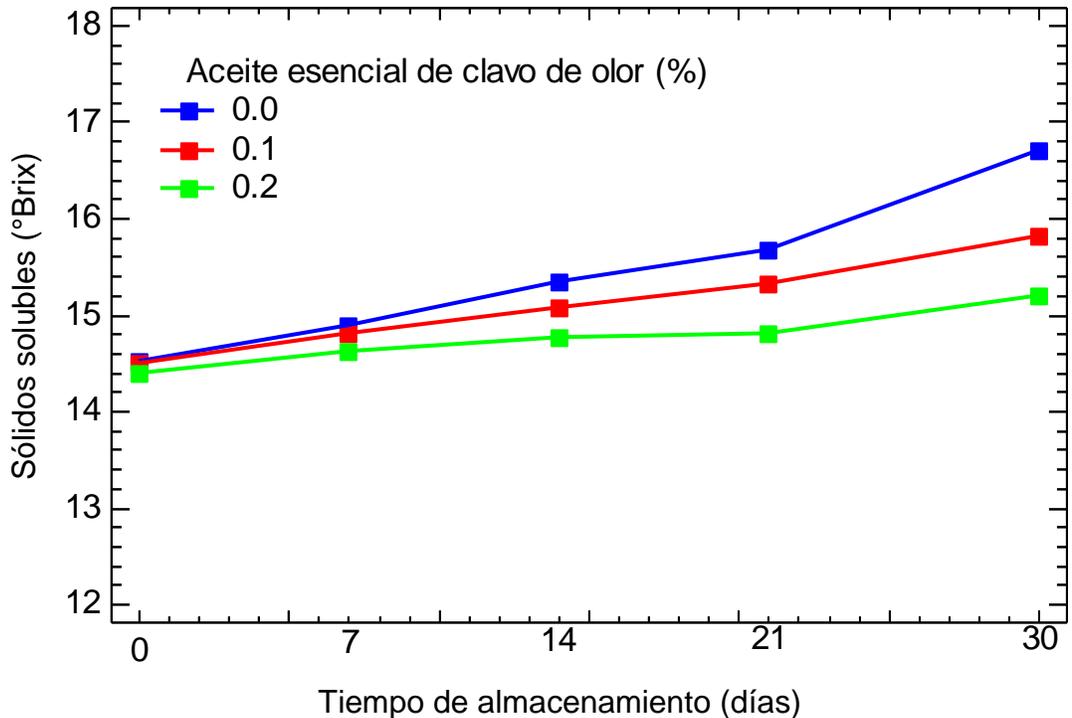


Figura 9. Sólidos solubles en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

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.

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.

En el Cuadro 19, se presenta 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.

Cuadro 19. Prueba de Levene modificada para sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Variable	Estadístico de Levene	p
Concentración de sólidos solubles (°Brix)	0.380	0.972

En el Cuadro 20, se muestra el análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, el cual muestra que la concentración de aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento refrigerado presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 20. Análisis de varianza para sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Concentración de sólidos solubles (°Brix)	Aceite esencial: A	3.395	2	1.697	6.227	0.005
	Tiempo de almacenamiento: T	10.581	4	2.645	9.705	0.000
	A*T	1.889	8	0.236	0.866	0.555
	Error	8.177	30	0.273		
	Total	24.042	44			

Estos mismos resultados fueron reportados por Castro y González (2010), donde determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la cobertura comestible a base de gelatina con adición de aceite esencial de orégano y tiempo de almacenamiento de 35 días a temperatura ambiente sobre el contenido de sólidos solubles en bayas de aguaymanto.

Así mismo, tendencias similares fueron reportadas por Sánchez (2012), donde determinó efecto significativo ($p < 0.05$) del aceite esencial de clavo de olor en cobertura comestible, tipo de envase y tiempo de almacenamiento de 35 días a 2 °C sobre el contenido de sólidos solubles en uva Red Globe.

En el Cuadro 21, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de contenido de sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, observándose que existió efecto significativo por la formación de los subgrupos. En el subgrupo 1 se tiene al tratamiento evaluado al día 30 de almacenamiento refrigerado, donde la cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó el valor más bajo con 15.19 °Brix.

Cuadro 21. Prueba de Duncan para sólidos solubles en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Aceite esencial de clavo de olor (%)	Tiempo (días)	Subgrupo			
		1	2	3	4
0.2	0	14.40			
0.1	0	14.49			
0.0	0	14.52			
0.2	7	14.61			
0.2	14	14.76	14.76		
0.1	7	14.80	14.80		
0.2	21	14.80	14.80		
0.0	7	14.89	14.89	14.89	
0.1	14	15.07	15.07	15.07	
0.2	30	15.19	15.19	15.19	
0.1	21	15.32	15.32	15.32	
0.0	14	15.35	15.35	15.35	
0.0	21		15.66	15.66	
0.1	30			15.81	
0.0	30				16.71

4.5. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras

En la Figura 10 se muestra el recuento de mohos y levaduras en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar el incremento del recuento de mohos y levaduras en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

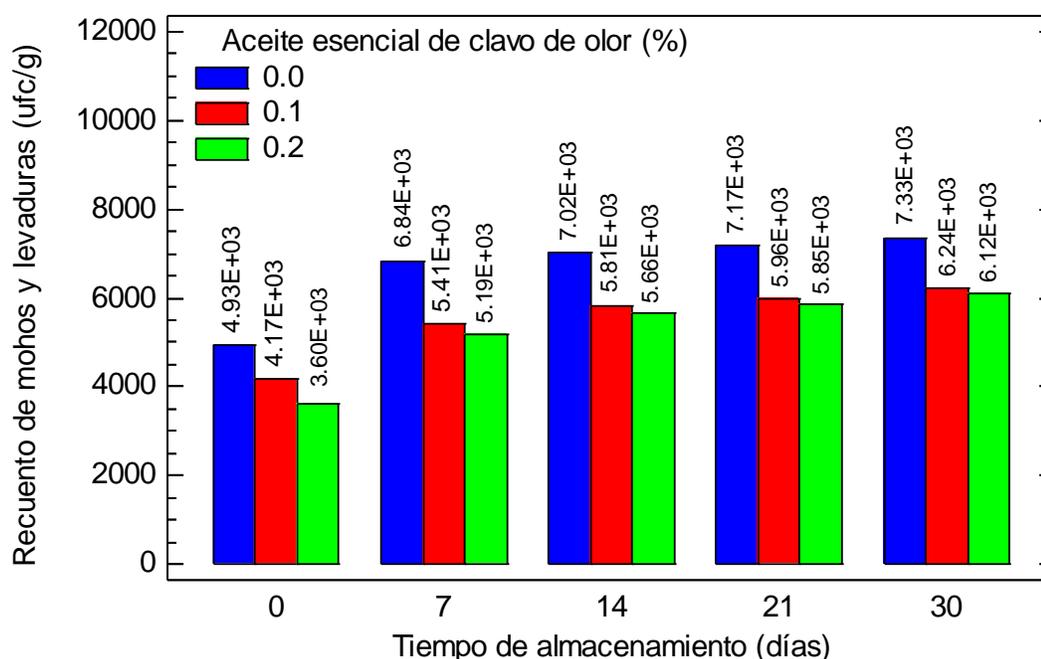


Figura 10. Recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

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 menor recuento de mohos y levaduras a los 30 días de almacenamiento, con 6.24×10^3 y 6.12×10^3 ufc/g, respectivamente, el tratamiento control presentó mayor recuento de mohos y levaduras con 7.33×10^3 ufc/g. Los resultados de recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento a 1 °C se encuentran en el Anexo 1.

Todos los resultados se encontraron por debajo de los límites microbiológicos aceptables indicados por la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA y los criterios microbiológicos de Moragas y Del Pablo (2008) para mohos y levaduras (Cuadro 22).

Cuadro 22. Límites microbiológicos aceptables (m) y máximos aceptables (M) para frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas.

Análisis	Límite por g	
	m	M
Aerobios mesófilos viables (ufc/g)	10^4 *	10^6 *
Mohos y levaduras (ufc/g)	10^4 **	10^6 *
Salmonella sp.	Ausencia/25g*	----*

*Norma Resolución Ministerial N° 591 2008/MINSA. Perú.

** Moragas y Del Pablo. 2008. Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos de España.

Tendencias similares fueron reportadas 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 recuento de mohos y levaduras a los 35 días de almacenamiento a 2 °C, con 175 ufc/g para las tratadas con la cobertura con aceite esencial de clavo de olor y 191 ufc/g para las uvas tratadas con cobertura con aceite esencial de canela; mientras que las uvas envasadas en bolsa de polietileno de baja densidad mostraron mayor recuento de mohos y levaduras con 383 ufc/g en las uvas con cobertura con aceite esencial de clavo de olor, y 573 ufc/g las que usaron cobertura con aceite esencial de canela. Estos valores fueron menores en comparación a los que se presentaron en la presente investigación.

La contaminación microbiana en alimentos mínimamente procesados puede ocurrir por transferencia de microorganismos de la piel a la pulpa, incrementando el deterioro de la fruta y por ende el riesgo hacia el consumidor debido a la aparición de microorganismos patógenos (Raybaudi y otros, 2006).

Los antimicrobianos alimentarios son compuestos químicos añadidos o presentes en los alimentos que retardan el crecimiento o causan la muerte de los microorganismos, aumentando así la resistencia a la alteración de la calidad o seguridad. La efectividad de diferentes sustancias antimicrobianas como lisozima, nisina, ácidos orgánicos y aceites esenciales y sus derivados, incorporados en coberturas comestibles contra diversos patógenos ha sido satisfactorio (Raybaudi y otros, 2006). La hidrofobicidad de los aceites esenciales les permite unirse con lípidos contenidos en la membrana bacteriana, ocasionando con esto, trastornos en su estructura y permeabilidad, dando así lugar al escape de iones y otros componentes intercelulares (López y otros, 2012).

Los hongos y levaduras son indeseables en los alimentos porque son capaces de producir una amplia variedad de enzimas, las cuales causan deterioro, alterando las características sensoriales del producto. Más aún, éstos microorganismos pueden producir metabolitos tóxicos en alimentos, cuando el recuento sobrepasa los 10^6 ufc/g (Chuna, 2012).

En el Cuadro 23, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de recuento de mohos y levaduras 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.

Cuadro 23. Prueba de Levene modificada para recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Variable	Estadístico de Levene	P
Mohos y levaduras (ufc/g)	0.540	0.888

En el Cuadro 24, se muestra el análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, el cual muestra que la concentración de aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento refrigerado presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 24. Análisis de varianza para recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Mohos y levaduras (ufc/g)	Aceite esencial: A	1.62E+07	2	8.12E+06	101.171	0.000
	Tiempo de almacenamiento: T	3.10E+07	4	7.75E+06	96.558	0.000
	A*T	4.93E+05	8	6.16E+04	0.768	0.633
	Error	2.41E+06	30	8.02E+04		
	Total	5.01E+07	44			

Resultados similares fueron reportados por Sánchez (2012), donde determinó efecto significativo ($p < 0.05$) del aceite esencial de clavo de olor en cobertura comestible, tipo de envase y tiempo de almacenamiento de 35 días a 2 °C sobre el recuento de mohos y levaduras en uva Red Globe.

En el Cuadro 25, se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de recuento de mohos y levaduras en bayas de aguaymanto con aplicación de cobertura comestible, observándose que existió efecto significativo por la formación de los subgrupos. En el subgrupo 6 se tiene al tratamiento evaluado al día 30 de almacenamiento refrigerado, donde la cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó el valor más bajo con 6.12×10^3 ufc/g.

4.6. Efecto del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general

La evaluación de la aceptabilidad general mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos en bayas de aguaymanto con cobertura comestibles se realizó al día inicial y día 30 de almacenamiento, se evaluó en función a percepción global de los atributos: apariencia, color, sabor y firmeza. En el Anexo 2 se muestra los resultados de la evaluación sensorial.

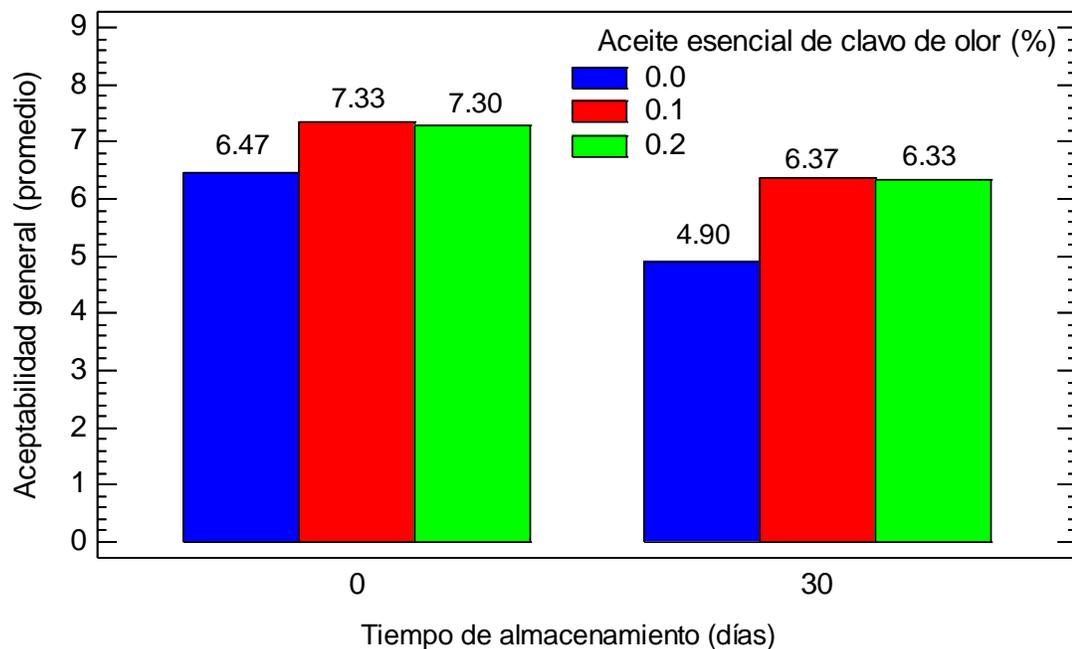


Figura 11. Aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

En la Figura 11 se muestra 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).

En el Cuadro 26 se presenta 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”.

Cuadro 26. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

Tiempo (días)	Aceite esencial de clavo de olor (%)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi-cuadrado	p
0	0.0	1.40	6.47	6	19.235	0.000
	0.1	2.25	7.33	7		
	0.2	2.35	7.30	8		
30	0.0	1.23	4.90	4	32.907	0.000
	0.1	2.43	6.37	7		
	0.2	2.33	6.33	6		

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.

En el Cuadro 27, la prueba de Wilcoxon 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 el tratamiento con aceite esencial al 0.1% por presentar mayor rango promedio y moda.

Cuadro 27. Prueba de Wilcoxon para aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función al tiempo de almacenamiento

Tiempo (días)	Aceite esencial de clavo de olor (%)	Z	p	
0	0.0	0.1	-3.276	0.001
		0.2	-3.056	0.002
	0.1	0.2	-0.288	0.773
30	0.0	0.1	-4.352	0.000
		0.2	-4.228	0.000
	0.1	0.2	-0.118	0.906

V. CONCLUSIONES

Se encontró un efecto significativo del aceite esencial de clavo de olor y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, parámetros de color L^* y b^* , sólidos solubles, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto. Para el parámetro cromático a^* , solo existió efecto significativo del tiempo de almacenamiento.

El tratamiento de cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.2% presentó menor variación de sólidos solubles (15.19 °Brix) y recuento de mohos y levaduras (6.12×10^3 ufc/g), menor pérdida de peso (13.11%), mayor firmeza (2.19 N), mayor retención de L^* (55.87) y a^* (9.80); en bayas de aguaymanto almacenadas 30 días a 1 °C.

Los tratamientos de cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.1 y 0.2% presentaron mayor retención de b^* (46.40 y 46.70, respectivamente); en bayas de aguaymanto almacenadas 30 días a 1 °C.

El tratamiento de cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% obtuvo la mayor puntuación de aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con una puntuación de 6.37, correspondiente a la percepción de “me gusta bastante” a los 30 días de almacenamiento.

Por consiguiente se concluye que el tratamiento de cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% durante 30 días de almacenamiento permitió controlar la pérdida de peso, variación de color, sólidos solubles, mantuvo la firmeza, y menor recuento de mohos y levaduras y obtuvo la mayor aceptabilidad general en bayas de aguaymanto.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar el efecto del número de perforaciones en las bandejas tipo “clamshell”.

Caracterizar la permeabilidad en la cobertura de gelatina sobre su efecto en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto.

Determinar el tiempo de vida útil con pruebas aceleradas de las bayas de aguaymanto con cobertura de gelatina-almidón con aceite esencial de clavo de olor.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Abraján, M. 2008. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucilago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Aguilar, M. 2005. Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional de Yautepec. México.

Aguilar, A. y López, A. 2013. Extractos y aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos. Revista: Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 7, 2: 35-41.

Aider, M. 2010. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry. Food Science and Technology, 43 (1): 837–842.

AMPEX, 2008. Aguaymanto, perfil de mercado. http://www.ampex.com.pe/down_file.php?f=perfil-aguaymanto.pdf&ruta=perfi. Fecha de acceso: 2014, 29 de Agosto.

ANDINA. 2012. El Perú, será el primer exportador de frutas y hortalizas del mundo. Lima 15 de Mayo. Disponible en <http://www.larepublica.pe/15-05-2012/peru-sera-el-primer-exportador-de-frutas-y-hortalizas-del-mundo>. Fecha de acceso: 2013, 17 de setiembre.

Anzaldúa – Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Armas, C., Márquez, L. y Pretell, C. 2011. Efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomun zeyfanicum*) y su combinación sobre la acción antifúngica en *Aspergillus flavus* en agar chica de maíz (*Zea mays* L.), variedad morado. Pueblo Continente, 22(1):123–131.

Arrayan, S. 2011. Aguaymanto. Suevma Nature S.A. Huamanga, Ayacucho.

Ávila–Sosa, R., Hernández–Zamoran, E., López–Mendoza, L. Palou, E., Jiménez, M., Nervárez–Moorillón, G, y López–Malo, A. 2010. Fungal inactivation by Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) essential oil added to amaranth, chitosan, or starch edible films. Food Microbiology and Safety. Journal of Food Science. 75(3):M127–M133.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Pearson. Educación. México.

Bosquez, L. 2003. Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquita y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana. México DF, México.

Benavides, P. y Cuasqui, L. 2008. Estudio del comportamiento postcosecha de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) sin capuchón. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Brack, A. 2011. Atlas Tesoros del Perú – Frutos. Editorial Unimundo. Lima, Perú.

Cahuapaza, C y Matos, A. 2011. Estudio del aguaymanto como fuente de vitamina C. Universidad Peruana Unión. Disponible en: <http://papiros.upeu.edu.pe/bitstream/handle/123456789/164/CIn17Articulo.pdf>? Fecha de acceso: 04 de Setiembre del 2014.

Campos, C., Gerschenson, L. y Flores, S. 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. Food Bioprocess Technol, 4:849 – 875.

Carpenter, R., Lyon, D. y Hasdell, T. 2002. Análisis sensorial. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Carrión, F., Sobral, P., Berga, P. y Carvalho, R. 2009. Filmes a base de gelatina plastificados con citrato de acetiltributíla: propiedades mecánicas e isothermas de sorción. Memorias de trabajos presentados en VII Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos Colombia. Avances en Tecnología de Procesamiento. Empaques y películas B3 – artículo 18.

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.

Celis, L. 2010. Usos medicinales del clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.) Medicina Tradicional Mexicana. TlahuiEdu AC. Cuernavaca, México.

Cerón, I. 2009. Separación de metabolitos de los aceites esenciales de eucalipto y cidrón por destilación molecular. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia.

Cha, D. y Chinnan, M. 2004. Biopolimer-based antimicrobial packaging: A review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 44: 223–237.

Chávarry, R. 2006. Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el contenido de antocianinas totales en la pulpa de sauco (*Sambucus peruviana*). Tesis para optar el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Chuna, S. 2012. Efecto del extracto de tara (*Caesalpinia spinosa*) y del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en cobertura comestible, temperatura y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de trozos de piña (*Ananas comosus* L.), variedad Golden. Tesis para optar el grado de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. y Weigend, M. 2011. Hoja Botánica: *Physalis Peruviana* L. Universidad Nacional de San Marcos. Primera Edición. Perú.

Embuscado, M. y Huber, K. 2009. Edible films and coatings for food applications. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Falguera, V., Quintero, J., Jiménez, A., Aldemar, J. e Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science & Technology, 22: 292-303.

Fernandez, I., Maté, J. y Placket, D. 2011. Biopolymers for edible films and coatings in food applications. Biopolymers—new materials for sustainable films and coatings. First Edition. John Wiley and Sons Ltd. Oxford, UK. Pg. 233 – 254.

Figueroa J., Salcedo, J. Aguas Y. Olivero R. y Narváez, G. 2013. Recubrimiento comestible en la conservación de mango, aguacate y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. Revista Colombiana de Ciencia Animal, 3(2):386-400.

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 Business Media. New York.

García, K. y Vásquez, A. 2006. El clavo, ¿una nueva esperanza contra el cáncer? (*Syzygium aromaticum*). inFARMate. Vol. 2, Nr. 9. Disponible en http://www.infarmate.org.mx/pdfs/septiembre_octubre06/clavo.pdf.

González–Aguilar, G., Gardea, A. y Cuarnea–Navarro, F. 2005. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Logiprint Digital S. de R.L. de C.V.

González, M. 2010. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Tesis para optar el título de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Hernández, P. 2011. Encapsulación de aceite esencial de clavo para su aplicación en la industria alimentaria. Facultad de Ciencias de la salud, de la actividad física y del deporte. Universidad Católica San Antonio. Murcia, España.

Herrera, V. 2013. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1°C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de bayas de sauco (*Sambucus peruvianus* L.). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Kramer, M. 2009. Structure and function of starch-based edible films and coatings. Edible films and coatings for food applications. Editores: Embuscado M. y Huber, K. Pg. 113 – 134.

Kuorwel, K., Cran, M., Sonneveld, K., Miltz J. y Bigger S. 2011. Antimicrobial activity of biodegradable polysaccharide and protein-based films containing active agents. *Journal of Food Science*, 76(3): 90–102.

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.

Liu, F., Qin, B., He, L. y Song, R. 2009. Novel starch/chitosan blending membrane: antibacterial, permeable and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, 78: 146–150.

López-Mata, M., Ruiz-Cruz, S., Navarro-Preciad, C., Ornelas-Paz, J., Estrada-Alvarado, M. y Rodrigo-García, J. 2012. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Revista de Ciencias Biológicas y la Salud*, 14(1):33–43.

Madriñan, C. 2010. Caracterización morfológica de accesiones de *Physalis peruviana* L. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

Málaga, R., Guevara, A. y Araujo, M. 2013. Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. *Revista: Sociedad Química del Perú*, 79 (2). Lima, Perú.

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.

Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J., Serrano, M., Zapata, P., Bailen, G., Valero, D. y Castillo, S. 2007. Aloe vera gel como recubrimiento comestible en frutas y hortalizas. Universidad Miguel Hernández. www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh195/42_45.pdf, España.

Martínez, L. y Ponce, M. 2012. Uso y evaluación de dos aceites esenciales (canela y clavo de olor) para control de las pudriciones fungosas y determinación de la vida útil mediante películas protectoras comestibles en papaya (*Carica papaya* Cv. Hawaiana). Tesis para optar el grado de Ingenieras de alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

McHugh, T., Avena, R., Xian, W., Xuotong, F., Niemira, B., Doona, C., Feeherry, F. y Gravani, R. 2009. Extension of shelf life and control of human pathogens in produce by antimicrobial edible films and coatings. Microbial safety of fresh produce. First Edition. John Wiley and Sons. Oxford, UK. Pg.: 225 – 240.

Moragas M. y Del Pablo M. 2008. Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados y otros parámetros físicoquímicos de interés sanitario. España.

Norma Resolución Ministerial N° 591-2008/Minsa. Perú.

Nussinovitch, A., Kasapis, S., Norton, I. y Ubbink, J. 2009. Biopolymer films and composite coatings. Modern biopolymer science. First Edition. Academic Press. Oxford, UK. Pg.: 295 – 326.

Olivas, G. y Barbosa, G. 2005. Edible coatings for fresh-out fruits. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 45: 657 – 670.

Olivas, G., Barbosa, G., Embuscado, M. y Huber, K. 2009. Edible films and coatings for fruits and vegetables. Edible films and coatings for food application. Springer Science Business Media. New York. Pg. 211 – 244.

Oms, G. 2008. Alternativas de envasado de pera y melón frescos cortados en atmosfera modificada. Tesis doctoral. Universidad de Lleida. Lleida, España.

Pastor, C. 2010. Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa: Caracterización y aplicación. Tesis para optar el grado de Doctor, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Pillpa, A. 2012. Modelación del deterioro fisicoquímico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en almíbar. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.

Quezada–Gallo, J. 2009. Delivery of food additives and antimicrobials using edible films and coating. Edible films and coatings for food applications. Editores: Embuscado, M. y Huber, K. Pg. 315 – 333.

Ramos–García, M., Bautista–Baños, S., Barrera–Necha, L. Bósquez–Molina, E., Alia–Tejacal, I. y Estrada–Carrillo, M. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para usar en productos hortofrutícolas. Revista mexicana de fitopatología. Sociedad mexicana de fitopatología, A.C. México, 28(1):44–57.

Raybaudi–Massilia, R., Soliva–Fortury, R. y Martín–Belloso, O. 2006. Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas frescas y frescas.

Rivero, M. y Quiroga, M. 2010. Es el 1-MCP (1-Metilciclopropeno) una alternativa al uso del dióxido de azufre en conservación de uva de mesa.

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 11: 8-17.

Rodríguez, E. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximbai, Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable, 7(1):153–170.

Rojas, M., Soliva, R. y Martin, O. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh cut fruits: a review. Trends in Food Science and Technology, (20)438–447.

Romananzzzi, G., Lichter, A., Mlikota, F. y Smilanick, J. 2011. Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. Postharvest Biology and Technology, 63:141-147.

Romero, I. 2009. Metabolismo de los fenilpropanoides y proteínas relacionadas con la patogénesis en el mecanismo de respuestas de uva de mesa (*Vitis vinifera* L. cv. Cardinal) a elevadas concentraciones de CO₂ y bajas temperaturas. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid, España.

Ruíz, F. 2009. Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias de Alimentos de la Universidad de las Américas de Puebla. Puebla, México.

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.

Sánchez, Y. 2014. Efecto de la aplicación de coberturas biodegradables y la temperatura sobre el color, firmeza, pérdida de peso y la aceptabilidad general en la palta (*Persea americana* Mill) variedad Fuerte, durante el almacenamiento. Tesis para optar el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F. y Aguilera, J. 2010. Food hydrocolloid edible films and coatings. Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile.

Sierra Exportadora, 2014. Aguaymanto. Disponible en: <http://www.sierraexportador.gob.pe/productos/catalogo-de-productos/aguaymanto/> Fecha de acceso: 2 de Setiembre del 2014.

Tamayo, M. 2010. Materiales empleados en la elaboración de envases biodegradables. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Trejo-Márquez, M., Ramos-López, K. y Pérez, C. 2007. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Vargas, M., Pastor, C., Chirart, A., McClements, D. y González – Martínez, C. 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48: 496–511.

Villamán, M. 2007. Elaboración y caracterización de films comestibles basadas en mezclas entre proteínas de quinua y quitosano. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados experimentales en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo

Día 0								
Aceite esencial de clavo de olor (%)	Repetición	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)
		% Pérdida de peso	Color			°Brix	Firmeza (N)	
			L*	a*	b*			
Control	R1	0.00	57.98	10.44	41.15	14.92	2.46	4.93E+03
	R2	0.00	58.11	10.32	41.23	13.96	2.40	4.93E+03
	R3	0.00	58.3	10.59	41.27	14.68	2.32	4.93E+03
	Promedio	0.00	58.13	10.45	41.22	14.52	2.39	4.93E+03
0.1	R1	0.00	58.17	10.56	42.17	14.20	2.65	4.17E+03
	R2	0.00	57.52	10.48	42.22	14.24	2.46	4.17E+03
	R3	0.00	59.46	10.64	42.15	15.04	2.45	4.17E+03
	Promedio	0.00	58.38	10.56	42.18	14.49	2.52	4.17E+03
0.2	R1	0.00	58.52	10.84	42.26	14.16	2.66	3.60E+03
	R2	0.00	58.91	11.02	42.43	14.92	2.56	3.60E+03
	R3	0.00	58.6	10.07	41.59	14.12	2.50	3.60E+03
	Promedio	0.00	58.68	10.64	42.09	14.40	2.57	3.60E+03

Anexo 1. Resultados experimentales en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo (continuación)

Día 7								
Aceite esencial de clavo de olor (%)	Repetición	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)
		% Pérdida de peso	Color			°Brix	Firmeza (N)	
			L*	a*	b*			
Control	R1	5.33	57.73	10	42.37	15.16	2.33	6.98E+03
	R2	6.00	57.79	10.31	41.41	14.84	2.34	6.97E+03
	R3	6.67	56.22	10.34	42.37	14.68	2.32	6.57E+03
	Promedio	6.00	57.25	10.22	42.05	14.89	2.33	6.84E+03
0.1	R1	5.33	57.74	10.25	43.02	14.62	2.41	5.86E+03
	R2	6.67	58.51	10.32	43.2	14.86	2.47	5.29E+03
	R3	3.33	57.46	10.32	43.31	14.92	2.46	5.08E+03
	Promedio	5.11	57.90	10.30	43.18	14.80	2.45	5.41E+03
0.2	R1	3.33	58.5	11.25	43.17	15.20	2.43	5.42E+03
	R2	3.33	59.24	9.92	44.03	14.80	2.46	5.28E+03
	R3	5.33	57.66	10.31	43.36	13.84	2.58	4.87E+03
	Promedio	4.00	58.47	10.49	43.52	14.61	2.49	5.19E+03

Día 14								
Aceite esencial de clavo de olor (%)	Repetición	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)
		% Pérdida de peso	Color			°Brix	Firmeza (N)	
			L*	a*	b*			
Control	R1	9.33	56.1	9.92	43.06	16.24	2.27	7.16E+03
	R2	11.33	55.9	9.96	42.68	14.32	2.25	7.15E+03
	R3	10.00	55.65	9.77	41.96	15.48	2.28	6.76E+03
	Promedio	10.22	55.88	9.88	42.57	15.35	2.27	7.02E+03
0.1	R1	7.33	56.92	9.65	43.76	14.96	2.41	6.27E+03
	R2	9.33	57.64	10.25	43.91	15.60	2.43	5.66E+03
	R3	8.00	56.09	10.12	43.33	14.64	2.39	5.49E+03
	Promedio	8.22	56.88	10.01	43.67	15.07	2.41	5.81E+03
0.2	R1	8.00	56.88	10.51	41.75	14.72	2.49	6.00E+03
	R2	6.67	57.3	10.34	45.74	14.65	2.58	5.54E+03
	R3	6.67	57.24	9.56	44.29	14.92	2.36	5.44E+03
	Promedio	7.11	57.14	10.14	43.93	14.76	2.48	5.66E+03

Anexo 1. Resultados experimentales en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo (continuación)

Día 21								
Aceite esencial de clavo de olor (%)	Repetición	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)
		% Pérdida de peso	Color			°Brix	Firmeza (N)	
			L*	a*	b*			
Control	R1	13.33	54.03	9.27	41.24	16.32	2.08	7.35E+03
	R2	14.67	55.11	8.90	41.97	15.28	2.19	7.32E+03
	R3	14.00	56.17	10.12	46.48	15.38	2.04	6.83E+03
	Promedio	14.00	55.11	9.43	43.23	15.66	2.10	7.17E+03
0.1	R1	9.33	55.57	10.15	43.83	15.72	2.25	6.45E+03
	R2	13.33	56.14	9.63	44.38	14.60	2.13	5.79E+03
	R3	14.00	55.67	9.57	44.46	15.64	2.31	5.63E+03
	Promedio	12.22	55.79	9.79	44.22	15.32	2.23	5.96E+03
0.2	R1	13.33	56.96	9.43	43.646	15.16	2.33	6.21E+03
	R2	10.00	54.48	9.52	45.29	14.32	2.31	5.78E+03
	R3	11.33	57.59	10.97	44.31	14.92	2.38	5.57E+03
	Promedio	11.56	56.34	9.97	44.42	14.80	2.34	5.85E+03

Día 30								
Aceite esencial de clavo de olor (%)	Repetición	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)
		% Pérdida de peso	Color			°Brix	Firmeza (N)	
			L*	a*	b*			
Control	R1	16.00	54.46	9.43	44.64	17.12	1.97	7.43E+03
	R2	18.00	54.83	9.45	43.94	16.48	1.96	7.63E+03
	R3	20.00	55.62	9.16	44.48	16.52	1.67	6.93E+03
	Promedio	18.00	54.97	9.35	44.35	16.71	1.87	7.33E+03
0.1	R1	16.67	55.78	9.69	45.73	16.00	2.10	6.51E+03
	R2	14.67	54.30	9.52	47.37	15.08	2.15	6.17E+03
	R3	16.00	55.98	9.60	46.11	16.36	1.90	6.05E+03
	Promedio	15.78	55.35	9.60	46.40	15.81	2.05	6.24E+03
0.2	R1	14.67	54.04	9.15	45.31	15.32	2.15	6.25E+03
	R2	11.33	57.99	10.76	45.97	15.52	2.45	6.16E+03
	R3	13.33	55.60	9.49	48.82	14.72	1.97	5.95E+03
	Promedio	13.11	55.87	9.80	46.70	15.19	2.19	6.12E+03

Anexo 2. Aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo

Jueces	Día 0		
	Aceite esencial de clavo de olor (%)		
	Control	0.1	0.2
1	8	7	8
2	6	7	9
3	8	6	7
4	6	9	8
5	5	7	6
6	5	6	6
7	7	8	8
8	8	9	7
9	6	7	8
10	7	8	9
11	6	9	8
12	5	6	6
13	6	6	7
14	7	8	8
15	7	7	9
16	8	7	5
17	6	6	7
18	7	8	8
19	6	7	8
20	6	8	7
21	6	7	7
22	7	7	8
23	7	9	7
24	6	6	7
25	6	7	6
26	8	8	6
27	5	6	6
28	7	7	8
29	6	8	8
30	6	9	7
Promedio	6.47	7.33	7.30

Anexo 2. Aceptabilidad general en bayas de aguaymanto con cobertura comestible en función del tiempo (continuación)

Jueces	Día 30		
	Aceite esencial de clavo de olor (%)		
	Control	0.1	0.2
1	6	7	7
2	4	6	6
3	5	5	6
4	5	7	7
5	4	5	5
6	4	4	6
7	5	7	7
8	6	6	7
9	4	5	7
10	4	7	7
11	6	7	8
12	4	8	7
13	5	8	7
14	5	7	6
15	6	7	6
16	6	7	5
17	5	5	5
18	4	4	6
19	6	7	6
20	4	6	7
21	5	7	7
22	5	5	6
23	4	7	7
24	5	6	5
25	4	5	6
26	6	7	6
27	4	7	6
28	5	7	7
29	5	7	6
30	6	8	6
Promedio	4.90	6.37	6.33

Anexo 3. Proceso de elaboración de aguaymanto fresco con cobertura a base de gelatina-almidón y aceite esencial de clavo de olor

