

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



Efecto de la concentración de aceite esencial de clavo de olor (*sysygium aromaticum*) en la cobertura comestible y del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, color, firmeza, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en trozos de piña (*ananas comosus*) golden, mínimamente procesada

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

**YANDIRA DEL AGUILA VERGARA**

**TRUJILLO, PERÚ**

**2019**

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



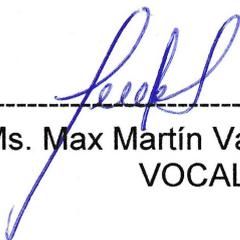
---

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón  
PRESIDENTE



---

Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez  
SECRETARIO



---

Ing. Ms. Max Martín Vásquez Senador  
VOCAL



---

Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinito amor.*

### **A mis padres.**

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy. Por haberme apoyado en todo momento, por creer en mí, por sus consejos, sus valores, por su motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

*Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi agradecimiento a mi asesor de Tesis, Mg. Luis Franciso Márquez Villacorta, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo de investigación, por la dirección y el rigor durante la elaboración del trabajo. Gracias por la confianza.

Por todo el apoyo, orientación y atención a mis consultas, mi más sincero agradecimiento a mis jurados, Dr. Carlos Lescano , Mg. Carla Pretell y Mg. Max Vásquez .

## ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| CARATULA .....  | i   |
| APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....                        | ii  |
| DEDICATORIA .....   | iii |
| AGRADECIMIENTO .....  | iv  |
| ÍNDICE GENERAL .....  | v   |
| ÍNDICE DE CUADROS.....  | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | ix  |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....   | xi  |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 1   |
| II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA .....                            | 5   |
| 2.1. Piña.....  | 5   |
| 2.1.1. Definición y características .....                     | 5   |
| 2.1.2. Variedad Golden.....                                   | 6   |
| 2.1.3. Composición y valor nutricional .....                  | 6   |
| 2.2. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas.....          | 7   |
| 2.3. Coberturas comestibles .....                             | 9   |
| 2.3.1. Generalidades .....                                    | 9   |
| 2.3.2. Formas de aplicación de coberturas comestibles .....   | 10  |
| 2.4. Materiales estructurales de coberturas comestibles ..... | 11  |
| 2.4.1. Coberturas a base de polisacáridos.....                | 11  |
| 2.4.2. Coberturas a base de proteínas .....                   | 12  |
| 2.4.3. Coberturas a base de lípidos .....                     | 13  |
| 2.4.4. Coberturas compuestas.....                             | 13  |
| 2.5. Aditivos usados en coberturas comestibles .....          | 14  |
| 2.5.1. Aditivos tecnológicos .....                            | 14  |
| 2.5.2. Aditivos funcionales.....                              | 15  |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS .....                               | 19  |
| 3.1. Materiales y equipos .....                               | 19  |
| 3.1.1. Lugar de ejecución.....                                | 19  |
| 3.1.2. Materias primas e insumos .....                        | 19  |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.3. Equipos e instrumentos de laboratorio.....  | 20 |
| 3.2. Método experimental.....  | 21 |
| 3.2.1. Esquema experimental para la evaluación de piña<br>mínimamente procesada con cobertura comestible. ....   | 21 |
| 3.2.2. Procedimiento experimental para la obtención de piña<br>mínimamente procesada con cobertura comestible con<br>aceite esencial de clavo de olor..... | 23 |
| 3.2.3. Preparación de la cobertura comestible con adición de<br>aceite esencial de clavo de olor.....  | 25 |
| 3.2.4. Métodos de análisis.....  | 26 |
| 3.2.5. Método estadístico.....   | 29 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 30 |
| 4.1. Efecto del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento<br>sobre la pérdida de peso.....  | 30 |
| 4.2. Efecto del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento<br>sobre el color.....  | 35 |
| 4.3. Efecto del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento<br>sobre la firmeza.....  | 43 |
| 4.4. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre el<br>recuento de mohos y levaduras.....   | 48 |
| 4.5. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la<br>aceptabilidad general.....   | 54 |
| V. CONCLUSIONES.....   | 58 |
| VI. RECOMENDACIONES.....   | 59 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA.....   | 60 |
| VIII. ANEXOS.....  | 70 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Composición nutricional de piña en 100 g de alimento.....  | 7  |
| Cuadro 2. Principales polisacáridos utilizados en la formulación de coberturas.....  | 11 |
| Cuadro 3. Principales proteínas utilizadas en la formulación de coberturas.....  | 12 |
| Cuadro 4. Principales lípidos utilizados en la formulación de coberturas.....  | 13 |
| Cuadro 5. Prueba de Levene para la pérdida de peso en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                   | 33 |
| Cuadro 6. Análisis de varianzas para la pérdida de peso en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....              | 33 |
| Cuadro 7. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                   | 34 |
| Cuadro 8. Prueba de Levene para $L^*$ , $a^*$ y $b^*$ en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                | 40 |
| Cuadro 9. Análisis de varianzas para valores de $L^*$ , $a^*$ y $b^*$ en trozos de piña Golden en cobertura comestible. .... | 41 |
| Cuadro 10. Prueba de Duncan $L^*$ en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                                    | 42 |
| Cuadro 11. Prueba de Duncan para cromaticidad $a^*$ en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                  | 43 |
| Cuadro 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para la firmeza (N) en trozos de piña Golden con cobertura comestible.....    | 46 |
| Cuadro 13. Análisis de varianza de la firmeza (N) en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                    | 47 |
| Cuadro 14. Prueba de Duncan para los valores de firmeza en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....              | 48 |

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 15. Prueba de homogeneidad de varianzas para el recuento de mohos y levaduras en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....                              | 51 |
| Cuadro 16. Análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en trozos de piña Golden con cobertura comestible. ....   | 52 |
| Cuadro 17. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en trozos de piña Golden con cobertura comestible.....  | 52 |
| Cuadro 18. Prueba de Friedman de aceptabilidad general de trozos de piña Golden con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento. ....                   | 56 |
| Cuadro 19. Prueba de Wilcoxon para la evaluación de aceptabilidad general en trozos de piña Golden con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento..... | 57 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1.  | Estructura química del eugenol. ....  | 17 |
| Figura 2.  | Esquema experimental para la investigación sobre trozos de piña mínimamente procesados con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor..... | 22 |
| Figura 3.  | Procedimiento para la obtención de trozos de piña mínimamente procesada con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.....                | 23 |
| Figura 4.  | Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de trozos de piña con cobertura comestible. ....  | 28 |
| Figura 5.  | Pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.....                                   | 30 |
| Figura 6.  | Luminosidad en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible. ....                                      | 35 |
| Figura 7.  | Cromaticidad $a^*$ en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.....                                | 37 |
| Figura 8.  | Cromaticidad $b^*$ en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.....                                | 38 |
| Figura 9.  | Firmeza en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible. ....  | 44 |
| Figura 10. | Recuento de mohos y levaduras en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.....                     | 49 |
| Figura 11. | Aceptabilidad general en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden   |    |

con cobertura comestible..... 54

**ÍNDICE DE ANEXOS**

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Anexo 1.  | Ficha técnica del almidón modificado de maíz .....  | 70 |
| Anexo 2.  | Ficha técnica del aceite esencial de clavo de olor. ....  | 73 |
| Anexo 3.  | Pérdida de peso (%) en trozos de piña Golden con<br>cobertura comestible durante el almacenamiento a 4<br>°C.....           | 74 |
| Anexo 4.  | Valores de L* en trozos de piña variedad Golden con<br>cobertura comestible durante el almacenamiento a 4<br>°C.....        | 75 |
| Anexo 5.  | Valores de a* en trozos de piña variedad Golden con<br>cobertura comestible durante el almacenamiento a 4<br>°C.....        | 76 |
| Anexo 6.  | Valores de b* en trozos de piña variedad Golden con<br>cobertura comestible durante el almacenamiento a 4<br>°C.....        | 77 |
| Anexo 7.  | Firmeza en trozos de piña variedad Golden con<br>cobertura comestible durante el almacenamiento a 4<br>°C.....              | 78 |
| Anexo 8.  | Recuento de Mohos y Levaduras en trozos de piña<br>Golden con cobertura comestible durante el<br>almacenamiento a 4 °C..... | 79 |
| Anexo 9.  | Resultados de aceptabilidad general al día 0 de<br>almacenamiento. ....   | 79 |
| Anexo 10. | Resultados de aceptabilidad general al día 5 de<br>almacenamiento. ....   | 80 |
| Anexo 11. | Resultados de aceptabilidad general al día 10 de<br>almacenamiento. ....  | 81 |
| Anexo 12. | Resultados de aceptabilidad general al día 15 de<br>almacenamiento. ....  | 82 |

## RESUMEN

Se evaluó el efecto del aceite esencial de clavo de olor (0.05 y 0.1%) en la cobertura comestible de gelatina-almidón modificado de maíz y tiempo de almacenamiento (0, 5, 10 y 15) sobre la pérdida de peso, color, firmeza, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en trozos de piña variedad Golden mínimamente procesados. Se trabajó con Piña Golden previamente lavada y desinfectada, se peló y cortó en trozos, para luego ser colocados en la solución de cobertura comestible. El análisis de varianza denotó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento y agente antimicrobiano sobre la cromaticidad  $a^*$ , efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, luminosidad ( $L^*$ ), firmeza y recuento de mohos y levaduras; La cromaticidad  $b^*$  no mostró efecto significativo de las variables independientes. Así mismo, la prueba de Duncan indicó que la cobertura con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó la menor pérdida de peso y recuento de mohos y levaduras, menor modificación del color ( $L^*$  y  $a^*$ ) y mayor firmeza al día 10 de almacenamiento. La prueba de Friedman mostró efecto significativo del agente antimicrobiano y del tiempo de almacenamiento en la aceptabilidad general el día 10 de almacenamiento, luego, la prueba Wilcoxon confirmó que el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% fue el que presentó la mayor aceptación, con un valor promedio de 7.2 puntos que corresponde a una percepción de “me agrada moderadamente”.

**ABSTRACT**

The effect of clove essential oil (0.05 and 0.1%) on the edible cover of corn starch modified gelatin and storage time (0, 5, 10 and 15) on the weight loss, color, firmness was evaluated. , count of molds and yeasts and general acceptance in pieces of pineapple Golden variety minimally processed. We worked with pineapple Golden previously washed and disinfected, peeled and cut into pieces, to be placed in the edible cover solution. The analysis of variance showed significant effect ( $p < 0.05$ ) of the storage time and antimicrobial agent on chromaticity  $a^*$ , significant effect of storage time on weight loss, luminosity ( $L^*$ ), firmness and count of molds and yeasts ; the chromaticity  $b^*$  showed no significant effect of the independent variables. Likewise, the Duncan test indicated that the coverage with 0.1% clove essential oil had the lowest weight loss and count of molds and yeasts, less color change ( $L^*$  and  $a^*$ ) and greater firmness at day 10 storage. The Friedman test showed significant effect of the antimicrobial agent and storage time on the general acceptability on day 10 of storage, then, the Wilcoxon test confirmed that the treatment with clove essential oil at 0.1% was the one that presented the highest acceptance, with an average value of 7.2 points that corresponds to a perception of "I like moderately."

## I. INTRODUCCIÓN

Los productos frescos cortados son frutas u hortalizas presentadas al consumidor en un estado que permite el consumo directo e inmediato, sin necesidad de preparación o transformación previa. Es más difícil mantener la calidad fresca y el valor nutricional a lo largo de la vida útil de estos productos, en comparación, con frutas y hortalizas enteras. De hecho, el tejido cortado o herido responde con un aumento en la velocidad de respiración y la producción de etileno, induciendo la maduración y la senescencia rápida. Por lo tanto, es de suma importancia determinar la mejor forma de conservar las frutas mínimamente procesadas, considerando todos los factores que promueven la pérdida de calidad (Antunes y otros, 2012).

La innovación es inherente al sector de los alimentos mínimamente procesados, tanto en la presentación y envase, como en los nuevos productos y variedades. Las frutas y hortalizas frescas refrigeradas, limpias, cortadas y listas para consumir están en constante proceso de cambio para adaptarse a las necesidades de su alta demanda (Manjavacas, 2017).

Las frutas mínimamente procesadas son una interesante opción saludable como producto preparado y fácil de consumir. Para mantener la calidad de la fruta cortada, se utilizan las técnicas clásicas de atmósferas controladas y modificadas, que ofrecen muy buenos resultados. Sin embargo, actualmente existen diferentes tendencias de envasado más novedosas como son la aplicación de coberturas comestibles combinadas con agentes antimicrobianos o antioxidantes y el uso de envases activos e inteligentes (Pretel, 2015).

Las coberturas y películas comestibles son biopolímeros que, dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación, se pueden agrupar en tres categorías: (1) hidrocoloides, (2) proteínas de origen animal o de origen vegetal y (3) lípidos. En vegetales mínimamente procesados, los lípidos se combinan con hidrocoloides (polisacáridos y proteínas) capaces de formar películas y coberturas, y los polisacáridos son de origen marino (algas), vegetal y también se utilizan biopolímeros producidos por microorganismos. Las proteínas y los polisacáridos son los más utilizados para su elaboración, siendo los más usados la gelatina, que es obtenida por proceso físico, químico o bioquímico de desnaturalización e hidrólisis de colágeno, ampliamente usada debido a su baja gelificación y punto de fusión (Fernández, 2017).

El crecimiento de microorganismos en las superficies cortadas es una causa importante de deterioro de los alimentos frescos o mínimamente procesados. La aplicación de sustancias antimicrobianas directamente en el alimento tiene algunas limitaciones debido a que estas sustancias activas pueden neutralizarse, evaporarse o difundirse inadecuadamente en la mayor parte del alimento. Por lo tanto, las coberturas comestibles podrían ser una opción factible; sin embargo, muchos consumidores tienen preocupaciones acerca de la adición de aditivos químicos a los alimentos y por ello es esencial usar materiales de recubrimiento con un agente antimicrobiano natural que es generalmente reconocido como seguro (Mantilla, 2012).

En las coberturas y películas comestibles se pueden incorporar aditivos con distintas funciones como sustancias para mantener la textura, antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes e ingredientes bioactivos capaces de incrementar el valor nutricional y funcional del alimento vegetal. Los aditivos naturales con propiedades antimicrobianas que han sido intensamente estudiados en los últimos años son: enzimas como las

lactoperoxidasas (leche) y lisozimas (clara de huevo); bacteriocinas como la nisina (bacterias lácticas); polisacáridos como el quitosano (esqueleto de los crustáceos); ácidos orgánicos (ascórbico, cítrico, oxálico) y compuestos fenólicos (plantas y especias). Dentro de este último grupo se han utilizado aceites esenciales de plantas aromáticas (romero, tomillo, orégano, limón, etc.) y especias (vainilla, canela, etc.) y también sus principios activos como carnosol, timol, carvacrol, citral, vainillina, cinamaldehído, etc. También se están ensayando extractos fenólicos de otros vegetales como té verde, ajo, cebolla y aceituna (Begoña y otros, 2015).

La piña es un cultivo que puede plantarse todo el año, en especial sobre suelos húmedos, pero siempre la mejor época es en otoño. La piña se utiliza principalmente para el consumo fresco y en conserva. A la piña se le atribuyen varias propiedades medicinales, resaltando la de la enzima proteolítica llamada bromelina, que ayuda a metabolizar los alimentos. También se le conoce por ser un diurético, antiséptico, desintoxicante, antiácido y vermífugo (Uriza, 2011).

Tras mostrar los resultados de adaptación y producción de la piña variedad Golden en Poroto, el Proyecto Especial Chavimochic (PECH) en convenio con la Cooperativa Agraria Central de Productores Agropecuarios del Valle Santa Catalina (CEPROVASC), iniciaron la constitución de la cadena productiva de la piña, debido a su calidad de exportación. En la región La Libertad se siembran 1 200 a 1 500 ha de piña, existiendo una demanda por cubrir de 20 t semanales de esta fruta, presentándose una interesante alternativa de negocios a los agricultores de Poroto (Chávez, 2017).

Los consumidores de los países de la zona norte de la Unión Europea, por su agitado estilo de vida, solicitan productos vegetales muy parecidos al fresco, con una vida útil prolongada; por lo que prefieren las

presentaciones de productos frescos cortados listos para consumir. En el caso de los países del sur, el consumo de esa fruta se da más en su forma fresca. Los especialistas consideran que es mejor exportarla en trozos (León, 2016). Según el portal Agrodata Perú, el 2017, nuestro país exportó un total de 70.4 t de piña por un valor FOB de US \$276.598. El impulso exportador parece estar mejorando en el presente año 2018, pues los registros, entre enero y abril indican que el Perú colocó en mercados del extranjero 30.3 t de piña por US \$106.883 (Ramos, 2018).

Los objetivos propuestos fueron:

- Evaluar el efecto de la concentración del aceite esencial de clavo de olor en la cobertura comestible y del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, color, firmeza, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en piña mínimamente procesada.
- Determinar la concentración de aceite esencial de clavo de olor en la cobertura comestible y tiempo de almacenamiento que permita obtener menor pérdida de peso y recuento de mohos y levaduras, mejor color, mayor firmeza y aceptabilidad general en piña mínimamente procesada, durante el almacenamiento.

## **II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA**

### **2.1. Piña**

#### **2.1.1. Definición y características**

La piña es originaria de América del Sur, particularmente del centro y sureste de Brasil y noreste de Argentina y Paraguay, siendo seleccionada, desarrollada y domesticada desde tiempos precolombinos. El nombre piña fue asignado por los españoles ya que les recordaba al fruto del pino, aunque su verdadero nombre, de origen Guaraní es Ananá, de donde proviene su nombre científico (Montenegro, 2010). La piña es la planta más conocida de las 2 700 agrupadas en 56 géneros de la familia de las bromeliáceas (Domínguez, 2013).

La piña es un fruto compuesto, formado por aproximadamente 150 a 200 pequeños frutos individuales unidos al eje central de la inflorescencia. En el extremo superior del fruto se encuentra una corona de hojas, la cual continúa su crecimiento hasta que el fruto madura y que es utilizada para la propagación de la planta. Normalmente, la maduración del fruto se lleva a cabo en unos 5 o 6 meses después de la formación de la inflorescencia, dependiendo de las condiciones climáticas (Arias y Toledo, 2007).

El clima afecta la calidad de la fruta, tanto en la composición de azúcares y ácidos como en la susceptibilidad al daño por frío. Este cultivo se desarrolla bien de 50 – 600 msnm, a mayores altitudes la fruta tiende a ser más ácida; el rango favorable de temperatura oscila entre los 20 a 30 °C, incrementos en la temperatura ambiente y luz solar pueden provocar una reducción de la acidez de la fruta y mayor sensibilidad al daño por frío (Sandoval y Torres, 2011).

El cultivo de la piña cobra cada vez mayor importancia a nivel mundial, siendo una de las frutas tropicales más apetecidas por su excelente sabor, sus propiedades culinarias y medicinales. Constituye la tercera fruta más importante del mundo después de los cítricos y plátanos. El 70% de la piña que se produce a nivel mundial es consumida como fruta fresca, en el propio país de origen; donde se cultiva con un elevado grado de calidad se utiliza para exportaciones en estado fresco cortadas y en derivados (García y otros, 2011).

### **2.1.2. Variedad Golden**

En Perú existen aproximadamente unas 10 mil ha de piña en sus variedades Criolla, Hawaiana, Cayena lisa y Golden, esta última con mejores perspectivas comerciales (Minagri, 2017).

La variedad Golden se caracteriza por presentar frutos de forma cilíndrica, pulpa amarillo intenso, fibrosa, con un alto contenido de azúcares (°Brix); al madurar la fruta presenta coloración verde amarillenta en la cáscara. Fruta de doble propósito, para industria y consumo en fresco muy aceptada en el mercado internacional. La planta presenta porte mediano de hojas verde sin espinas, con pedúnculo corto con dos o más retoños bulbillos o hijuelos (Munive, 2015).

### **2.1.3. Composición y valor nutricional**

La piña es la fruta tropical de mayor demanda en el mundo, por su agradable sabor, alto contenido de fibra, importante fuente de vitaminas C, B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, ácido fólico y minerales como el potasio (Cerrato, 2013).

El Cuadro 1 muestra la composición nutricional de la piña en 100 g de alimento.

Cuadro 1. Composición nutricional de piña en 100 g de alimento

| <b>Componente</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|-------------------|---------------|-----------------|
| Agua              | g             | 89.3            |
| Proteínas         | g             | 0.4             |
| Carbohidratos     | g             | 9.8             |
| Lípidos           | g             | 0.2             |
| Fibra             | g             | 1.4             |
| Energía           | kcal          | 33              |
| Cenizas           | g             | 0.3             |
| Calcio            | mg            | 10              |
| Fósforo           | mg            | 5.0             |
| Zinc              | mg            | 0.10            |
| Hierro            | mg            | 0.40            |
| Retinol           | µg            | 7.00            |
| Vitamina A        | µg            | 3.0             |
| Tiamina           | mg            | 0.04            |
| Riboflavina       | mg            | 0.06            |
| Niacina           | mg            | 0.27            |
| Vitamina C        | mg            | 19.90           |

Fuente: García y otros (2017).

## 2.2. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas

El Código Alimentario Español define hortalizas como “cualquier planta herbácea hortícola que se puede utilizar como alimento, ya sea crudo o cocinado”. Y define frutas al “fruto, la infrutescencia, la semilla o las partes carnosas de órganos florales que hayan alcanzado un grado

adecuado de madurez y sean propias para el consumo humano. Al contrario de que ocurre con la mayoría de los alimentos, las frutas y hortalizas pueden considerarse organismos vivos, ya que siguen respirando después de su recolección. Se conoce como senescencia o envejecimiento, a la disminución de la calidad producto de la actividad respiratoria durante el almacenamiento. Los principales factores que influyen en la velocidad de senescencia son la temperatura y la composición de la atmósfera de almacenamiento. Temperaturas bajas y/o niveles de oxígeno disminuidos y dióxido de carbono aumentados en la atmósfera pueden prolongar el tiempo de almacenamiento (Araneda, 2018).

Los productos mínimamente procesados, también llamadas listos para usar, productos frescos cortados o productos IV de gama, son frutas, verduras y hortalizas frescas que han sido lavadas, peladas, cortadas en rodajas, picadas o cortadas en tiras, antes de ser envasadas para su consumo. Dado que la principal característica de un producto de cuarta gama es conservar las características de alimento fresco, sólo se permite la aplicación de un número reducido de tratamientos. Sin embargo, el principal problema que conlleva este tipo de productos, es el rápido deterioro comparado con el de la pieza intacta. Los cambios en la textura y la apariencia de los productos frescos cortados son dos factores fundamentales que van a determinar su aceptabilidad. De igual importancia es evitar el desarrollo de aromas y sabores extraños, así como, asegurar la estabilidad microbiológica de los mismos (Llorca, 2015). El producto mantiene sus propiedades naturales y frescas, con la diferencia de que viene lavado, trozado y envasado, y exige como requisito imprescindible el mantenimiento de la cadena de frío para su perfecta conservación presentando una fecha de caducidad en torno a los 7 días (Iglesias, 2016).

Estos productos no son sometidos a ningún tratamiento térmico para la destrucción de microorganismos, sino que sus tejidos mantienen sus funciones metabólicas activas hasta que llegan al consumidor (Montero y otros, 2009). Al ser productos envasados, mantienen su inocuidad y, al mismo tiempo, conservan sus propiedades nutritivas, ya que se mantienen frescos por más tiempo. Son alimentos seguros y listos para ser consumidos, lo que los hace preferidos por quienes llevan hábitos de vida acelerada y que no disponen de mucho tiempo para dedicar a la cocina (Pefaur, 2014).

### **2.3. Coberturas comestibles**

#### **2.3.1. Generalidades**

Una cobertura comestible se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento. Por otra parte, una película comestible es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. Dichas soluciones formadoras de coberturas comestibles y películas comestibles pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Rosales, 2015).

Las coberturas o recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición de crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de la anaerobiosis (Rosales, 2015).

### **2.3.2. Formas de aplicación de coberturas comestibles**

La aplicación de las coberturas y películas comestibles supone una alternativa a futuro para la conservación de los alimentos. Los procedimientos de aplicación del recubrimiento dependen mayoritariamente del tipo de producto que se desee recubrir (Rojas, 2010). A continuación, las formas de aplicaciones más comunes.

#### **Inmersión (superficies irregulares)**

Es el método más adecuado para productos con superficies irregulares que requieren un recubrimiento uniforme. El producto debe ser lavado y secado previamente, luego se sumerge en la solución de cobertura, garantizando un mojado completo. Tras la inmersión, se deja drenar el material sobrante y se procede al secado.

#### **Spray (superficies lisas y uniformes)**

Con este procedimiento se consiguen coberturas más delgadas y uniformes que las obtenidas por inmersión. Este método es muy utilizado para superficies lisas y uniformes. La solución se aplica presurizada. Con la regulación de esta presión como se consigue diferentes tamaños de gota.

#### **Casting (películas independientes)**

Esta técnica permite la obtención de películas independientes, de calidad, que facilitan la caracterización e investigación de sus propiedades, para optimizar los resultados. Consiste en verter solución formadora de película sobre una superficie plana y se procede a su posterior secado. Después la película es retirada de la superficie, de forma independiente.

## 2.4. Materiales estructurales de coberturas comestibles

### 2.4.1. Coberturas a base de polisacáridos

Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas trozadas, pero son hidrofílicos y, por lo tanto, constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad (Pastor, 2010).

A continuación el Cuadro 2 recoge los principales polisacáridos utilizados en la formulación de las coberturas y sus características más relevantes (Pastor, 2010).

Cuadro 2. Principales polisacáridos utilizados en la formulación de coberturas.

| Tipo         | Compuesto  | Permeabilidad al vapor de agua/gases | NP(Necesita plastificante) | Otros               |
|--------------|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Polisacárido | Metilcelulosa, Carboximetilcelulosa, Hidroxipropil celulosa, Hidroxipropil metilcelulosa | Baja/Alta                            | Si                         | GRAS Flexible       |
|              | Dextrina   | Alta/Moderada                        | -                          | Secado lento        |
|              | Alginato   | Baja/Moderada                        | Si                         | Frágil              |
|              | Quitano  | Moderada/Alta                        | No                         | GRAS Antimicrobiano |
|              | Pectina  | Baja/Alta                            | -                          | GRAS                |
|              | Carragenato  | Baja/Moderada                        | -                          | Frágil              |
|              | Goma arábica   | Baja/Moderada                        | -                          | Buena adhesión      |
|              | Goma guar  | Baja/Moderada                        | -                          | Firmeza             |
|              | Goma Santana   | Baja/Moderada                        | -                          | Buena adhesión      |

Fuente: Pastor (2010).

\*GRAS: Generalmente reconocido como alimento seguro.

### 2.4.2. Coberturas a base de proteínas

La capacidad antioxidante que poseen determinadas proteínas aporta un valor añadido a las películas y coberturas elaboradas a partir de ellas. Varios estudios describen las propiedades antioxidantes de las proteínas, tanto de origen animal como vegetal, tales como las proteínas de la leche, zeína de maíz, gliadina del trigo o gelatina de pescado. Entre la gran variedad de proteínas utilizadas para la elaboración de coberturas comestibles, la gelatina posee excelentes propiedades físicas y fácil manejo (López, 2012).

A continuación el Cuadro 3 recoge las principales proteínas utilizadas en la formulación de los recubrimientos.

Cuadro 3. Principales proteínas utilizadas en la formulación de coberturas.

| Tipo      | Compuesto                | Permeabilidad al vapor de agua/vapor     | NP | Otros             |
|-----------|--------------------------|--|----|-------------------|
| Proteínas | Zeína                    | Baja/alta                                | Si | GRAS              |
|           | Gluten                   | Dependiente del pH y del disolvente/Alta | -  | Frágil            |
|           | Proteína de soja         | Baja/Baja                                | Si | Flexible          |
|           | Proteína de suero lácteo | Moderada/Alta                            | -  | Flexible          |
|           | Caseína                  | Moderada/Baja                            | -  | Frágil            |
|           | Colágeno                 | Baja/Alta                                | -  | Duro              |
|           | Gelatina                 | Alta/Alta                                | -  | Flexible y fuerte |

Fuente: Pastor (2010).

\*GRAS: Generalmente reconocido como alimentos seguro

\*NP: Necesita plastificante

### 2.4.3. Coberturas a base de lípidos

Según García y otros (2010) las coberturas a base de lípidos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad y presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua.

El Cuadro 4 muestra los principales lípidos utilizados en la formulación de los recubrimientos.

Cuadro 4. Principales lípidos utilizados en la formulación de coberturas.

| Tipo    | Compuesto       | Permeabilidad al vapor de agua/vapor | NP | Otros |
|---------|-----------------|--------------------------------------|----|-------|
| Lípidos | Cera de abeja   | Alta/Baja                            | Si | GRAS  |
|         | Cera candelilla | Alta/Baja                            | Si | GRAS  |
|         | Cera carnauba   | Alta/Baja                            | Si | GRAS  |
|         | Ácidos Grasos   | Según tipo/Baja                      | -  | GRAS  |

Fuente: Pastor (2010).

\*GRAS: Generalmente reconocido como alimentos seguro

\*NP: Necesita plastificante

### 2.4.4. Coberturas compuestas

Debido a las ventajas y desventajas de los diferentes componentes que se utilizan como coberturas comestibles, se han desarrollado diferentes formulaciones con el fin de mejorar el uso individual de dichos compuestos. En estas coberturas compuestas, dos o más materiales se combinan para mejorar el intercambio de gases, la adherencia, y las propiedades de permeabilidad a la humedad (Oregel, 2013).

## **2.5. Aditivos usados en coberturas comestibles**

### **2.5.1. Aditivos tecnológicos**

Los aditivos pueden potenciar los beneficios de las coberturas comestibles y prolongar su vida útil. Este primer grupo incluye los plastificantes para mejorar las propiedades mecánicas y los surfactantes (tensioactivos) para mejorar, tanto la humectabilidad de la solución de revestimiento sobre la superficie del alimento, como la estabilidad de la emulsión de la solución formadora de la cobertura.

#### **A) Plastificantes**

El plastificante es una sustancia normalmente líquida y de viscosidad mayor a la del agua que se adiciona a la mezcla con el fin de mejorar la flexibilidad del material mediante la reducción de las fuerzas intermoleculares. La adición de plastificantes disminuye la temperatura de fusión y la temperatura de transición vítrea, cambiando su comportamiento reológico debido a que logra movilizar moléculas, dando plasticidad al material (Enríquez y otros, 2012).

Los plastificantes de uso más común son los polioles, especialmente el glicerol o glicerina. El glicerol en la formulación hace que el producto final incremente su permeabilidad al vapor, debido a la naturaleza hidrofílica del glicerol, el cual fácilmente forma puentes de hidrógeno con las moléculas de agua (Enríquez y otros, 2012).

Generalmente se requieren plastificantes como el glicerol en las formulaciones a base de polisacáridos y de proteínas, para aumentar la flexibilidad de los recubrimientos, al aumentar el volumen libre o la movilidad molecular de los polímeros, reduciendo los enlaces de hidrógeno internos entre las cadenas de polímeros y aumentando el espacio

intermolecular. Los plastificantes afectan la capacidad de atracción de agua del sistema y generalmente suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno de los recubrimientos comestibles (Chauca, 2014).

## **B) Tensoactivos**

Los emulsionantes o tensoactivos son agentes de superficie activos de anfífilos naturales, que interactúan en la interface agua-lípido y reducen la tensión superficial entre las fases dispersas y continuas para mejorar la estabilidad de la emulsión. También se utilizan para asegurar una buena humectación de la superficie, difusión y adhesión de la cubierta a la superficie del alimento. Los emulsionantes comúnmente usados son ácidos grasos, monoesterato de etilenglicol, monoesterato de glicerol, ésteres de ácidos grasos, lecitina, ésteres de sacarosa, monoesterato de sorbitol y polisorbatos (Chuna, 2012).

### **2.5.2. Aditivos funcionales**

Este grupo incluye antimicrobianos, antioxidantes y otros ingredientes/aditivos funcionales (Chuna, 2012). Son componentes activos que tienen por finalidad reducir o retardar el crecimiento microbiano con el fin de prolongar la vida útil de un alimento manteniendo la calidad y seguridad del producto (Martínez y López, 2011).

## **A) Antimicrobianos**

Los antimicrobianos son componentes químicos agregados o presentes en los alimentos para retrasar el crecimiento microbiano o causar la muerte microbiana. Los blancos principales 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 (Chuna, 2012).

La inmersión en soluciones acuosas que contienen antimicrobianos es la forma más práctica para extender la vida de los productos mínimamente procesados. Sin embargo, la aplicación de los agentes antimicrobianos directamente sobre la superficie del alimento puede tener beneficios limitados, debido a que las sustancias activas son rápidamente neutralizadas o se difunden en la superficie del alimento, lo que limita el efecto del compuesto antimicrobiano (Chuna, 2012).

Los recientes estudios realizados enfocados a cubrir en mayor medida las exigencias de los consumidores, han provocado que las especias y sus aceites esenciales sean utilizados por las industrias de alimentos como agentes naturales de conservación, enfocándose en extender la vida útil de los productos, reducir o eliminar bacterias patógenas e incrementar la calidad general de los alimentos procesados (Figuroa y otros, 2013).

- **Aceites esenciales**

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos obtenidos a partir de diferentes partes de las plantas como flores, yemas, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutos y raíces. De acuerdo a sus características químicas son mezclas complejas de ésteres, aldehídos, cetonas y terpenos. Los aceites esenciales derivados de plantas son conocidos por su actividad antimicrobiana contra un amplio rango de bacterias y mohos (Pérez, 2016). Debido a que los aceites esenciales pueden reducir la oxidación de los lípidos, su presencia en los productos alimenticios podría extender la vida útil (Sartori y Menegalli, 2014).

Diversos estudios han determinado que los aceites procedentes de clavo, canela, mostaza, orégano, romero y tomillo son los que poseen actividad antimicrobiana más acentuada (Chuna, 2012).

El aceite esencial de clavo es un compuesto fenólico, resultante de la destilación de las hojas, semillas y tallos de la planta de clavo (*Syzygium aromaticum*). Su principio activo es el eugenol, presente en concentraciones que oscilan entre 70 y 95% de la composición total del aceite. El aceite esencial, recién destilado es de color transparente, pero por acción de la luz y oxígeno adquiere un color amarillo claro.

El aceite esencial de clavo está formado por una gran variedad de compuestos. Su composición varía dependiendo de su procedencia. Entre sus componentes destaca el eugenol como compuesto mayoritario,  $\beta$ -cariofileno y eugenil acetato (García, 2016).

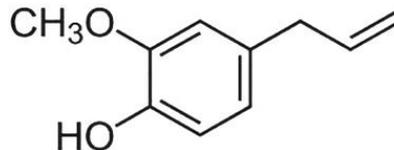


Figura 1. Estructura química del Eugenol.

El aceite esencial de clavo y los extractos de clavo poseen 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 naturales y así extender la vida útil de los alimentos procesados. En la actualidad diversos proyectos de investigación con aceites esenciales de plantas se llevan a cabo para aprovechar las diversas virtudes que éstos

ofrecen con distintos fines, dentro de los cuales las propiedades antimicrobianas, como las de clavo, son de gran interés para la industria de alimentos y así satisfacer las demandas de los consumidores al ofrecer productos más naturales y de buena calidad (Aguilar y López, 2013).

- **Ácidos orgánicos y sus sales**

Las levaduras y mohos deteriorativos proliferan más comúnmente en frutas y hortalizas debido a sus características inherentes, como su bajo pH y baja capacidad reguladora. El modo de acción de los ácidos orgánicos en la inhibición del crecimiento microbiano, parece estar relacionado con el mantenimiento del equilibrio ácido-base, la donación de protones y la producción de energía por las células. Los sistemas biológicos y químicos dependen de la interacción entre los sistemas ácido-base. La célula microbiana normalmente refleja este equilibrio atendiendo al mantenimiento de un pH interno cercano a la neutralidad (Rodríguez, 2011).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales y equipos**

##### **3.1.1. 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.

##### **3.1.2. Materiales e insumos**

La piña (*Ananas comosus*) variedad Golden, el material de investigación, se obtuvo del Mercado La Hermelinda de Trujillo, La Libertad. Se utilizaron los siguientes materiales:

- Bandejas de lavado.
- Papel absorbente.
- Cucharas de acero inoxidable.
- Bandejas de acero inoxidable.
- Bandejas de plástico.
- Vasos de precipitación de 500 mL.
- Cuchillo.
- Tablas de picar.
- Bandejas pequeñas de plástico tereftalato de polietileno (PET) tipo “clamshell” ventilado. Marca Typack, de 150 g de capacidad.

Se utilizaron los siguientes insumos:

- Almidón de maíz modificado. Kol Guard 7467 Starch. Marca Tate&Lyle – Deltagen. Ficha técnica en Anexo 1.

- Gelatina, 280 °Bloom. Marca Gel Base.
- Glicerol – Glicerina USP. Marca RZBC Food Grade.
- Agua de mesa. Marca Agua Fiel.
- Aceite esencial de clavo de olor. Marca Aromas del Perú. Ficha técnica en Anexo 2.
- Dióxido de cloro. Marca Clorox.
- Cloruro de calcio. Marca RZBC Food Grade.
- Ácido cítrico. Marca RZBC Food Grade.
- Ácido ascórbico. Marca RZBC Food Grade.
- Agua destilada

### **3.1.3. Equipos e instrumentos de laboratorio**

- Balanza analítica. Modelo GR-200, Marca AND Capacidad 0 – 200 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.
- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C. Precisión  $\pm 2$  °C.
- Texturómetro Universal Instron, modelo 3342. Fuerza máxima de celda 50 N.
- Colorímetro Kónica-Minolta. Modelo CR – 400.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 0 a 200 °C. Precisión  $\pm 0.05$  °C. Exactitud 0.01 °C.
- Incubadora o estufa de laboratorio. Memmert 50 L. En acero inoxidable, dos bandejas. Automática. 10 – 80 °C.
- Ventilador Imaco, 50 Watts – 3 velocidades.
- pH-metro. Marca Oatkon. Modelo pHtestR30. Precisión 0.01. Rango 0-15.

## **3.2. Método experimental**

### **3.2.1. Esquema experimental para la evaluación de piña mínimamente procesada con cobertura comestible.**

La Figura 2 muestra el esquema experimental para la investigación sobre los trozos de piña mínimamente procesados con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.

El esquema experimental para la evaluación de los trozos de piña mínimamente procesados, tiene como variables independientes: la concentración de aceite esencial de clavo de olor en la cobertura comestible y el tiempo de almacenamiento; y como variables dependientes a la pérdida de peso, el color, la firmeza, el recuento de mohos y levaduras y la aceptabilidad general.

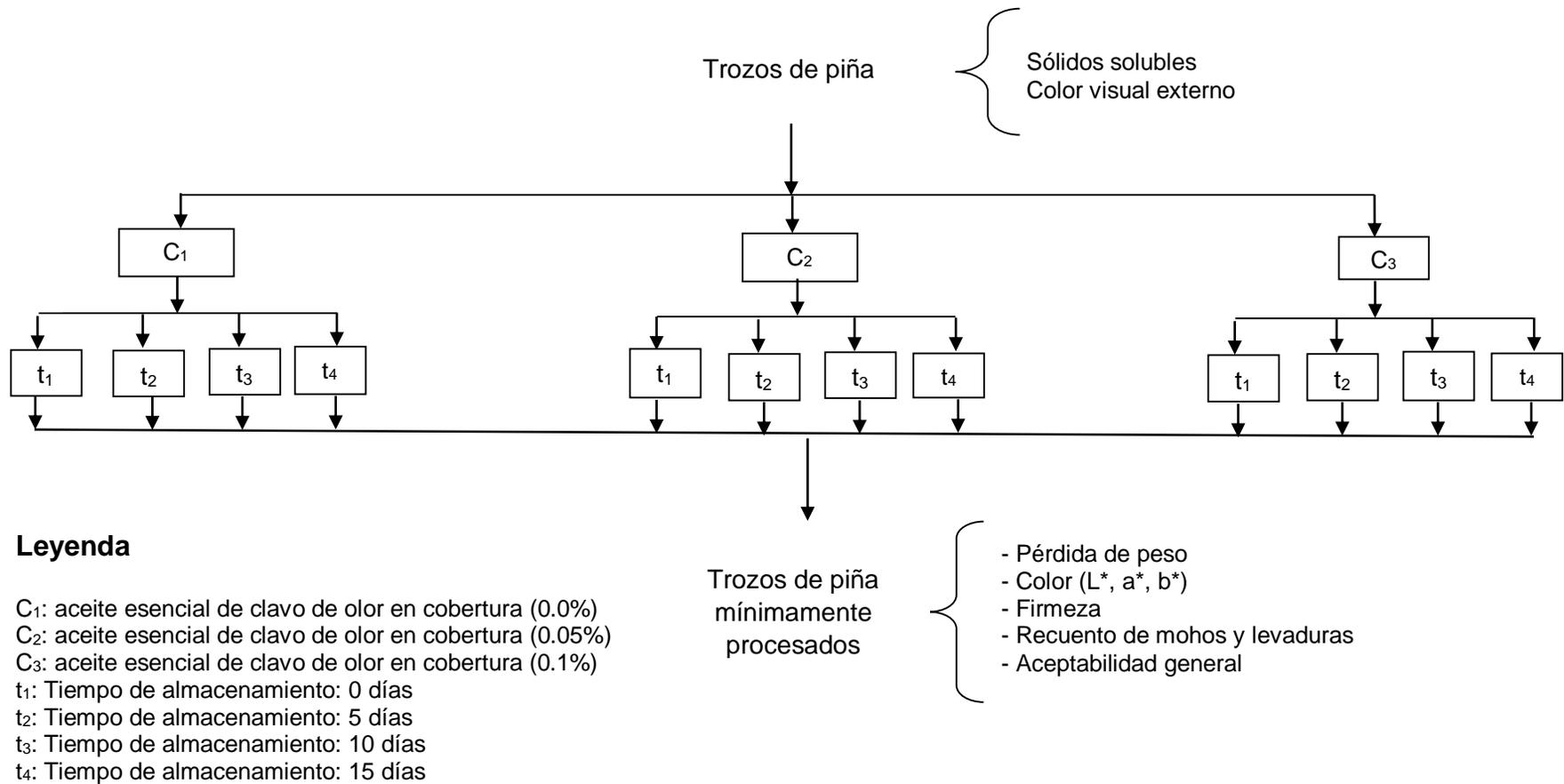


Figura 2. Esquema experimental para la investigación sobre trozos de piña mínimamente procesados con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.

### 3.2.2. Procedimiento experimental para la obtención de piña mínimamente procesada con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.

En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de trozos de piña mínimamente procesada con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.

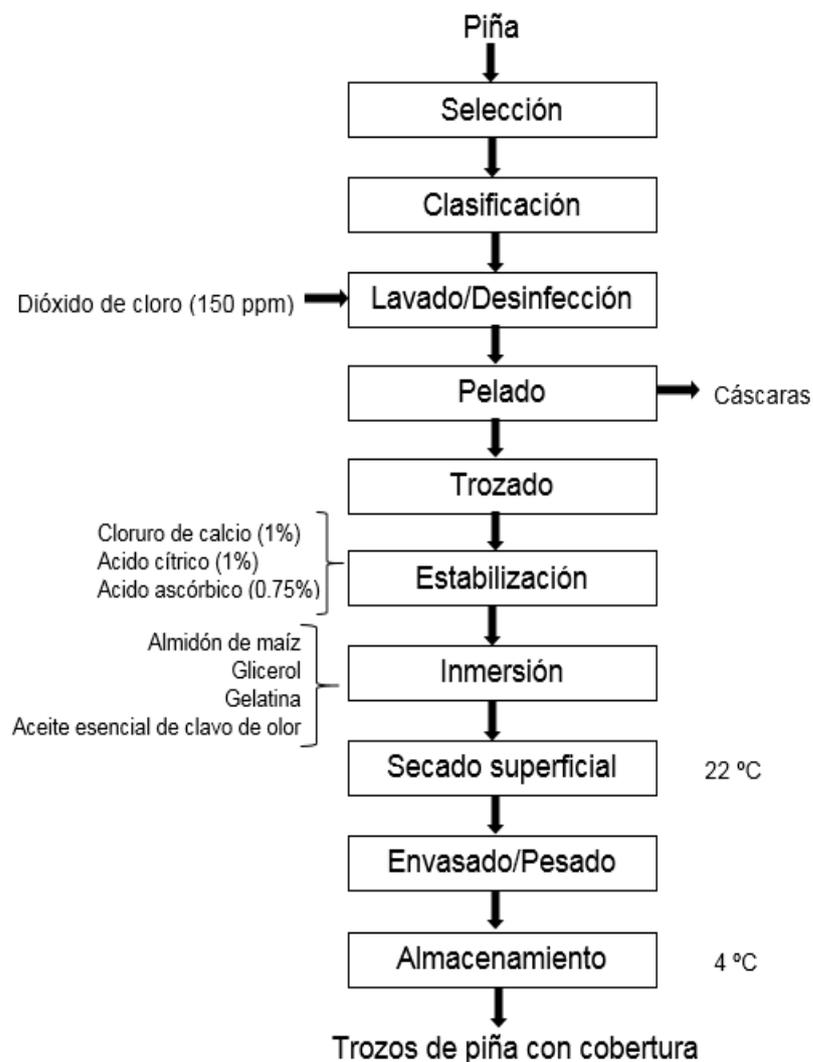


Figura 3. Procedimiento para la obtención de trozos de piña mínimamente procesada con cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor.

A continuación se describe cada operación para obtener la muestra experimental del diagrama de flujo que se presenta en la Figura 2.

- Selección. Se utilizaron piñas que no presenten daños visibles como golpes, magulladuras o infección de hongos (Pérez, 2016).
- Clasificación. Se realizó en función al tamaño, se trabajó con frutos medianos, con un peso aproximado de 1.0 – 1.2 kg en peso fresco sin corona, con un contenido de sólidos solubles entre 12 y 14 °Brix (Pérez, 2016).
- Lavado/Desinfección. El lavado se realizó con agua potable a fin de extraer materiales contaminantes (Pérez, 2016). Luego se desinfectó el fruto en una solución acuosa de 150 ppm de hipoclorito de sodio con la finalidad de reducir la carga microbiana (Sánchez, 2014).
- Pelado. Las piñas fueron peladas manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable. Los utensilios y superficies de contacto con el alimento se desinfectaron en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio evitando así posibles contaminaciones (Pérez, 2016).
- Trozado. Las piñas fueron cortadas en trozos de 2.0 cm de largo, 1.5 cm de ancho y 0.8 cm de altura; aproximadamente.
- Estabilización. Los trozos de piña fueron sumergidos en una solución combinada de cloruro de calcio 1%, ácido cítrico 1% y ácido ascórbico 0.75% durante 30 s (Pérez, 2016).
- Inmersión. Los trozos de piña se sumergieron en la cobertura de gelatina-almidón, adicionadas con aceite esencial de clavo de olor durante 2 min a temperatura ambiente (Chuna, 2012).

- Secado superficial. El exceso de cobertura fue eliminado luego de colocarse sobre mallas de acero inoxidable a temperatura ambiente durante 10 min antes de envasar (Pérez, 2016).
- Envasado/Pesado. Los trozos de piña con cobertura se colocaron en bandejas de plástico pequeñas tipo “clamshell” hasta llegar a 100 g (10 trozos aproximadamente) (Pérez, 2016).
- Almacenamiento. Las muestras se almacenaron a 4 °C, para finalmente ser evaluadas a los 0, 5, 10 y 15 días en sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales (Chuna, 2012).

### **3.2.3. Preparación de la cobertura comestible con adición de aceite esencial de clavo de olor.**

La cobertura comestible, se elaboró a partir de una solución de gelatina al 10% (p/v) que se calentó a 85 °C y luego se adicionó el almidón modificado de maíz al 3% (p/v). La solución combinada se mantuvo a 85 °C y en agitación durante 10 min; luego se enfrió a temperatura ambiente. Finalmente, se adicionó el plastificante glicerol al 27% en función de la cantidad de gelatina-almidón y la mezcla final se separó en 3 partes iguales. Una muestra control sin adición de aceite esencial y las otras dos muestras con adición de aceite esencial de clavo de olor al 0.05% y 0.1% (Chuna, 2012; Pérez, 2016). Por ejemplo para la elaboración de 3 L de cobertura base se utilizó: Se utilizó 2610 g de agua tratada con 300 g de gelatina y 90 g de almidón modificado; adicionándose también 105.3 g de glicerol en base a la cantidad de hidrocoloides en la mezcla.

### **3.2.4. Métodos de análisis**

#### **3.2.4.1. Pérdida de peso**

Las muestras recubiertas fueron depositadas en bandejas y registrado su peso. En los días 0, 5, 10 y 15 de almacenamiento se volvió a evaluar el peso con lo cual se obtuvo los resultados que fueron expresados como porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial (Chuna, 2012).

#### **3.2.4.2. Color**

Se evaluó el color instrumental en la superficie de la fruta mediante la escala CIE  $L^*a^*b^*$ , utilizando un colorímetro Kónica-Minolta calentado 10 min y sometido a un blanco estándar. El valor  $L^*$  indica la luminosidad o brillantes (100 blanco y 0 negro), y  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas de cromaticidad ( $+a^*$  es la dirección roja y  $-a^*$  es la dirección verde), ( $+b^*$  es la dirección amarilla y  $-b^*$  es la dirección azul). El centro de estas coordenadas es un acromático y cuando los valores de  $a^*$  y  $b^*$  incrementan, la saturación del color aumenta (Sánchez, 2014).

#### **3.2.4.3. Firmeza**

Se determinó con un Texturómetro Instron con celda de 50 N. Se tomaron 03 muestras por cada tratamiento, las cuales se colocaron en el equipo de tal manera que el punzón penetre el centro del trozo de fruta. Los parámetros del ensayo fueron los siguientes: Modo de medida de fuerza en compresión, punzón 2 mm diámetro, velocidad de prueba: 1.0 mm/s, velocidad de post-prueba: 10.0 mm/s, alcance: 50% del espesor (Chuna, 2016).

#### **3.2.4.4. Recuento de mohos y levaduras**

Se evaluó en Agar Dextrosa Sabouraud con cloranfenicol, en diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$ . La incubación fue regulada a 25 °C por 5 días. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia por gramo (ufc/g) (Pérez, 2016).

#### **3.2.4.5. Aceptabilidad general**

Los trozos de piña se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general usando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, anclada con “extremadamente desagradable” y “extremadamente agradable”. La prueba se realizó los días 0, 5, 10 y 15 con 30 panelistas no entrenados entre 18 y 25 años de edad en horario de 3:00 a 5:00 pm, en las instalaciones de la Universidad Privada Antenor Orrego. Se colocaron dos trozos por cada tratamiento a temperatura ambiente, en forma aleatoria, en bandejas codificadas con 3 dígitos para su degustación (Pérez, 2016).

En la Figura 4 se muestra la cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general, en escala hedónica.

| <b>Aceptabilidad General</b>   |              |            |            |
|--|--------------|------------|------------|
| Nombre: .....  | Fecha: ..... |            |            |
| <b>Producto: trozos de piña con cobertura comestible</b>   |              |            |            |
| Pruebe las muestras de trozos de piña que se le presentan e indique, según la escala su opinión sobre ellas. |              |            |            |
| Marque con un aspa el renglón que corresponda a la calificación para la muestra.                             |              |            |            |
| ESCALA   | <b>253</b>   | <b>333</b> | <b>113</b> |
| Extremadamente agradable   | .....        | .....      | .....      |
| Muy agradable  | .....        | .....      | .....      |
| Moderadamente agradable  | .....        | .....      | .....      |
| Levemente agradable  | .....        | .....      | .....      |
| No me agrada ni me desagrada   | .....        | .....      | .....      |
| Levemente desagradable   | .....        | .....      | .....      |
| Moderadamente desagradable   | .....        | .....      | .....      |
| Muy desagradable   | .....        | .....      | .....      |
| Extremadamente desagradable  | .....        | .....      | .....      |

Fuente: Anzaldúa-Morales (2005).

Figura 4. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de trozos de piña con cobertura comestible.

### **3.2.5. Método estadístico**

El método estadístico que se aplicó para la evaluación paramétrica de la pérdida de peso, color y firmeza corresponde a un diseño factorial 3 x 4, con 3 repeticiones, para lo cual se empleó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas, seguido de un análisis de varianza, así mismo, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para comparar los resultados mediante la formación de subgrupos y determinar el mejor tratamiento. Los datos obtenidos de la aceptabilidad general fueron sometidos a las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon. El análisis estadístico se realizó con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 17.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso.

En la Figura 5 se muestra la pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos de trozos de piña con coberturas, se puede observar que esta fue incrementando a medida que transcurrieron los días. Los datos experimentales para las tres repeticiones y el promedio se muestran en el Anexo 3.

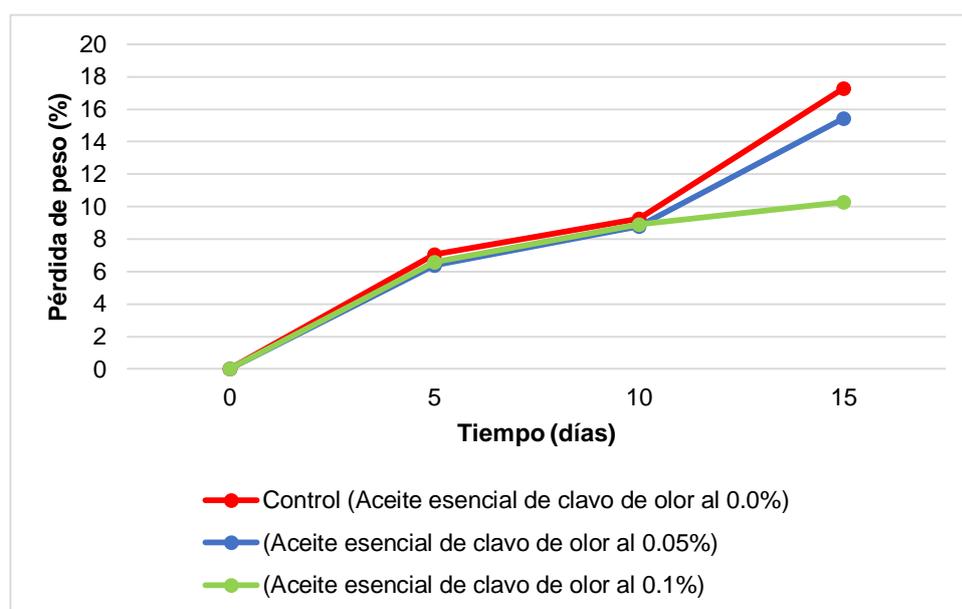


Figura 5. Pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

Se observó que los trozos de piña con cobertura y aceite esencial de clavo de olor presentaron las menores pérdidas de peso a los 15 días de almacenamiento con 10.27% y 15.45% para las muestras tratadas con 0.1% y 0.05% de aceite esencial; respectivamente. La muestra control presentó un 17.26%.

Se afirma que 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 comestibles o biodegradables ayudan a reducir este fenómeno, debido a la película que forman alrededor de la superficie o cáscara, controlando esta causa de deterioro (Márquez y Pretell, 2010). Además, la permeabilidad al vapor de agua de la cobertura comestible depende de las interacciones entre el hidrocoloide de naturaleza proteica y agente antimicrobiano (Sánchez, 2012), justificación en la que se puede basar la menor pérdida de peso de la presente investigación, debido al comportamiento e interacción del aceite esencial y la gelatina en la cobertura comestible.

Las películas y coberturas a base de gelatina presentan buenas propiedades de barrera a los gases (oxígeno y al dióxido de carbono), pero sus valores de permeabilidad al vapor de agua suelen ser altas debido a que es altamente hidrofílica al igual que la mayoría de proteínas y otros hidrocoloides (López, 2013). La elección de la gelatina y almidón como matriz de una cobertura se fundamenta en la permeabilidad selectiva contra los gases, que reduce la velocidad respiratoria de las frutas (retarda su deterioro), y la capacidad de adhesión a la superficie de las mismas (por naturaleza hidrofílica). Sin embargo, es necesaria la incorporación de agentes plastificantes con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de la cobertura (Márquez y Pretell, 2010).

El efecto plastificante de glicerol se complementa con la adición de aceite esencial como antimicrobiano en la cobertura comestible ya que se favorece la absorción y desorción de moléculas de agua modificando la permeabilidad, permitiendo que las coberturas exhiban mayor resistencia al vapor de agua, así como, una mayor adhesión del alimento mejorando su firmeza (Chuna, 2012). La mezcla de almidón modificado con gelatina y plastificantes en coberturas para la conservación de frutas reportan mejor

resistencia a la ruptura y una disminución en el índice de maduración (García y otros, 2018).

Tendencias similares fueron reportadas por Chauca (2014), que observó que los trozos de papaya con cobertura y agente antimicrobiano almacenados a 5 °C, presentaron las menores pérdidas de peso a los 12 días de almacenamiento con 1.25% para muestras tratadas con de aceite esencial de canela y 2.44% para las tratadas con sorbato de potasio. La muestra control presentó un 3.83%.

Así mismo Pérez (2016) reportó que el tratamiento con cobertura a base de almidón de maíz-gelatina con aceite esencial de canela al 0.05% presentó menor pérdida de peso a los 4 días de almacenamiento a 5 °C en rodajas de banano (0.925%), seguido del tratamiento con aceite esencial de limón al 0.05% (1.435%), mientras que la muestra control tuvo 1.490%.

Según Jimenes (2016) utilizó el gel aloe vera (con actividad antimicrobiana) como base para una cobertura comestible en papaya mínimamente procesada, donde se obtuvo que el tratamiento (70% aloe vera) registró la menor pérdida de peso (1.13%), en comparación, a los tratamientos 30% aloe vera y 50% aloe que presentaron 1.75% y 1.88%, respectivamente, a los 12 días de almacenamiento a 10 °C.

En el Cuadro 5 se muestra la prueba de Levene modificada aplicada a la pérdida de peso en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible, dónde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p>0.05$ ), por lo tanto, se realizó el análisis de varianza, posteriormente, la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 5. Prueba de Levene para la pérdida de peso en trozos de piña Golden con cobertura comestible.

| Variable            | Estadístico de Levene | p     |
|---------------------|-----------------------|-------|
| Pérdida de peso (%) | 0.903                 | 0.454 |

En el Cuadro 6 se muestra el análisis de varianza para la pérdida de peso en trozos de piña con cobertura comestible, notándose el efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la pérdida de peso en trozos de piña Golden con cobertura comestible.

| Variable        | Fuente de Variación | Grados            |             | Cuadros medios | F      | p     |
|-----------------|---------------------|-------------------|-------------|----------------|--------|-------|
|                 |                     | Suma de cuadrados | de libertad |                |        |       |
| Pérdida de peso | Antimicrobiano (A)  | 2.421             | 2           | 1.211          | 0.306  | 0.739 |
|                 | Tiempo (B)          | 943.559           | 3           | 314.520        | 79.478 | 0.000 |
|                 | A * B               | 6.585             | 6           | 1.098          | 0.277  | 0.942 |
|                 | Error               | 94.976            | 24          | 3.957          |        |       |
|                 | Total               | 1047.541          | 35          |                |        |       |

Zulema (2016) determinó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en trozos de piña con cobertura comestible almacenados por 18 días a 4 °C. Así mismo, Tamayo (2015) determinó que el tiempo de almacenamiento tuvo efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la pérdida de peso en trozos de mango con cobertura comestible almacenados por 12 días a 4 °C.

La evaluación de las variables dependientes se realizó hasta el día 15 de almacenamiento, pero en cuanto a la aceptación sensorial sólo hasta

el día 10 se obtuvo valores adecuados en la escala hedónica de 9 puntos, por ello el análisis del mejor tratamiento se realizó en base a este tiempo de almacenamiento. En el Cuadro 7, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la pérdida de peso, en la cual se denota que existió efecto significativo por la formación de subconjuntos. Se observa en el subconjunto 3, que el valor reportado al día 10 de almacenamiento para el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó la menor pérdida de peso con 8.61%.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Agente antimicrobiano   | Tiempo (días) | Subconjunto |      |      |       |       |       |
|-------------------------|---------------|-------------|------|------|-------|-------|-------|
|                         |               | 1           | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     |
| Control                 | 0             | 0.00        |      |      |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 0             | 0.00        |      |      |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 0             | 0.00        |      |      |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 5             |             | 6.68 |      |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 5             |             | 7.58 |      |       |       |       |
| Control                 | 5             |             | 8.44 |      |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 10            |             |      | 8.61 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 10            |             |      | 9.10 |       |       |       |
| Control                 | 10            |             |      | 9.19 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 15            |             |      |      | 10.27 |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 15            |             |      |      |       | 15.45 |       |
| Control                 | 15            |             |      |      |       |       | 17.26 |

#### 4.2. Efecto del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre el color

En la Figura 6, se muestra la Luminosidad ( $L^*$ ) en los trozos de piña en función del tiempo de almacenamiento, observándose que esta variable fue disminuyendo a medida que transcurrieron los días. Los datos experimentales para las tres repeticiones y el promedio se muestran en el Anexo 4.

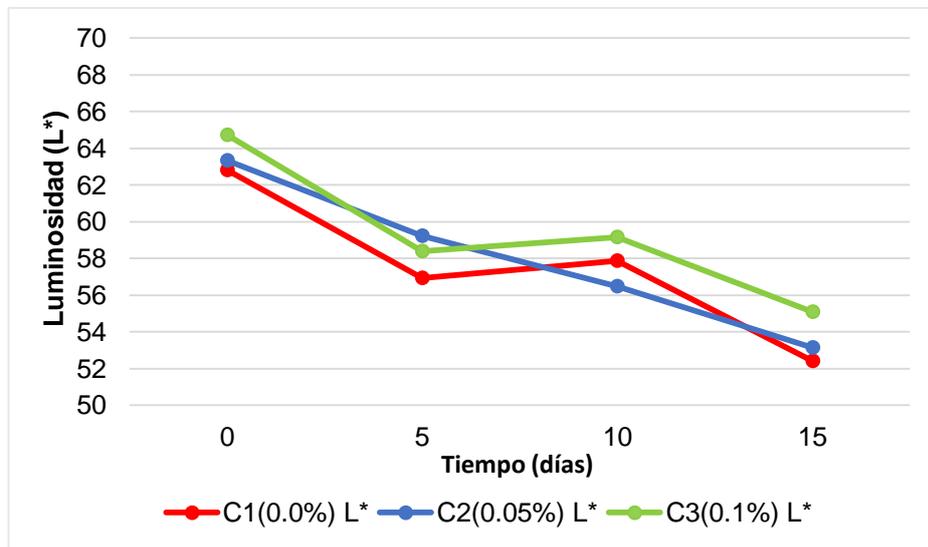


Figura 6. Luminosidad en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

El descenso de la Luminosidad se mantuvo casi constante durante los días de almacenamiento para los tres tratamientos. Se observó que los trozos de piña con cobertura comestible y aceite esencial de clavo de olor mostraron mayor claridad o brillantez hasta los 15 días de almacenamiento con valores de 55.10 y 53.13 para las muestras tratadas con 0.1% y 0.05% de aceite esencial, respectivamente. La muestra control denotó un mayor oscurecimiento con un valor de 52.41.

Campo y otros (2017) estudiaron la aplicación de aceite esencial de rizomas de cúrcuma como agente antifúngico en una cobertura comestible aplicada en cubos de zapallo mínimamente procesados almacenados a 6 °C durante 15 días. La luminosidad ( $L^*$ ) para las muestras varió entre 66 - 72, evidenciando que el uso del recubrimiento (almidón de achira al 3%, celulosa al 5% y glicerol al 25%, aceite esencial al 0.05% y tween 40-tensoactivo al 0.2%) redujo el deterioro del aspecto visual en el producto; con respecto a la muestra control con aplicación del recubrimiento sin contenido de aceite esencial de cúrcuma, que presentó un valor de 65 al final del almacenamiento.

Chuna (2012) encontró resultados para trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible (almidón de maíz 10% - gelatina 3%) y antimicrobiano (aceite esencial de canela al 0.1% y extracto de tara al 1%), almacenadas a 4 °C durante 12 días. Las muestras con cobertura y aceite esencial de canela tendieron a ser más claras, indicando un mejor valor de luminosidad a los 12 días de almacenamiento con 74.49 y para las muestras con cobertura y extracto de tara un valor de 72.48.

En la Figura 7, se muestra la cromaticidad  $a^*$  en los trozos de piña en función del tiempo de almacenamiento, observándose que este valor se incrementó de forma casi constante a medida que transcurrieron los días. Los datos experimentales para las tres repeticiones y el promedio se muestran en el Anexo 5.

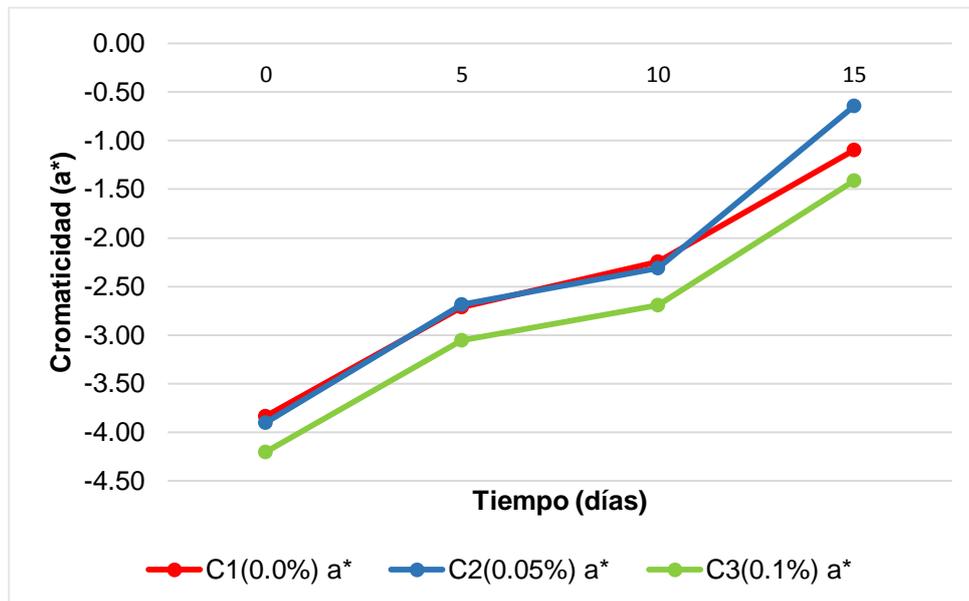


Figura 7. Cromaticidad  $a^*$  en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

El aumento de los valores para la cromaticidad  $a^*$  (verde-rojo) se mantuvo casi constante durante los días de almacenamiento para los tres tratamientos. Se observó que los trozos de piña con cobertura comestible y aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentaron un menor ascenso que corresponde a un menor oscurecimiento (menos cambio hacia tonalidad rojiza) durante los 15 días de almacenamiento con (-1.41), seguido de la muestra control (-1.10) y finalmente la muestra con 0.05% de aceite esencial de clavo de olor con (-0.64).

Pérez (2015) para las coordenadas de cromaticidad ( $a^*$ ) en trozo de mango, se observaron durante 12 días de almacenamiento a 4 °C, sin notarse cambios marcados entre los tratamientos (valores de -5.1 a -6.0).  $T_1$  (recubrimiento con aloe vera) y  $T_2$  (recubrimiento con aloe vera previa inmersión en solución de ácidos orgánicos), los cuales se comportaron como un grupo homogéneo con tendencia hacia la conservación de los valores de estas coordenadas. El incremento de valores de  $a^*$  indica el paso hacia tonalidades rojizas debido al oscurecimiento enzimático en los trozos

de mango mínimamente procesado.

Chuna (2012) reportó el aumento de los valores de  $a^*$  en trozos de piña variedad Golden tratados con cobertura comestible (almidón de maíz 10% - gelatina 3%) con aceite esencial de canela (0.1%) y extracto de tara (1%) durante 12 días de almacenamiento a 4 °C. Las muestras con aceite esencial de canela presentaron menor valor con -7.15, en comparación, a la muestra con extracto de tara que tuvo -6.46.

En la Figura 8, se muestra la cromaticidad  $b^*$  en los trozos de piña en función del tiempo de almacenamiento, observándose que este valor disminuyó ligeramente a medida que transcurrieron los días.

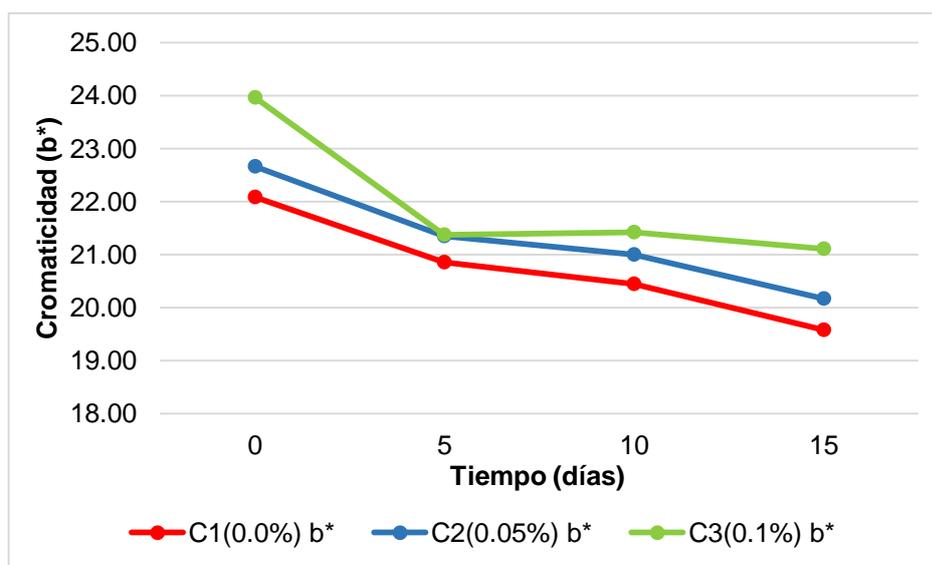


Figura 8. Cromaticidad  $b^*$  en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

Se observó que los trozos de piña con cobertura comestible y aceite esencial de clavo de olor presentaron una tendencia hacia los tonos amarillos, indicando mayores valores para la cromaticidad ( $b^*$ ) a los 15 días de almacenamiento con 21.10 y 20.16 para las muestras tratadas con 0.1% y 0.05% de aceite esencial de clavo de olor, respectivamente. La muestra

control presentó un valor de 19.58. Los datos experimentales se encuentran en el anexo número 6.

Los resultados coinciden con otros reportados por Gómez (2012) en trozos de piña variedades Cayena lisa y Golden con dos tratamientos diferentes, T<sub>1</sub> (alginato de sodio al 1% + cloruro de calcio al 2%) y T<sub>2</sub> (alginato de sodio al 2%+ glicerol al 1.5% + cloruro de calcio al 2.0% + aceite de girasol al 0.025%) quienes atribuyeron los cambios en las características de color a las reacciones de pardeamiento y translucidez en el tejido vegetal. Los valores de luminosidad se oscurecieron durante los 16 días de almacenamiento a 5 °C desde 73.4 – 68.2 hasta 72.7 – 56.8. Los valores de cromaticidad a\*, se mantuvieron casi constantes en el tiempo (valor promedio de -3.2) para todos los tratamientos con tendencia a tonalidades verdosas y para los valores de cromaticidad b\* (amarillo – azul) se observó una tendencia hacia tonalidades amarillas (valores entre 25 y 35.5), lo cual favorece el uso de los trozos de piña al mantener el atributo del color.

En el Cuadro 8 se muestra la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de L\*, b\* y a\* en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible, dónde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se realizó el análisis de varianza. Posteriormente, si fuese necesario, se realiza la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 8. Prueba de Levene para L\*, a\* y b\* en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Variable | Estadístico de Levene | p     |
|----------|-----------------------|-------|
| L*       | 0.383                 | 0.698 |
| a*       | 4.054                 | 0.077 |
| b*       | 0.074                 | 0.929 |

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza para las características de color en trozos de piña con cobertura comestible, notándose efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento para la cromaticidad a\*; del tiempo de almacenamiento para la Luminosidad; no existiendo efecto significativo ( $p > 0.05$ ) sobre la cromaticidad b\* de ninguna de las variables independientes.

Cuadro 9. Análisis de varianzas para valores de L\*, a\* y b\* en trozos de piña variedad Golden en cobertura comestible.

| Variable  | Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadros medios | F       | p     |
|-----------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|-------|
| <b>L*</b> | Antimicrobiano (A)  | 30.424            | 2                  | 15.212         | 1.743   | 0.196 |
|           | Tiempo (B)          | 461.015           | 3                  | 153.672        | 17.607  | 0.000 |
|           | A * B               | 50.017            | 6                  | 8.336          | 0.955   | 0.476 |
|           | Error               | 209.471           | 24                 | 8.728          |         |       |
|           | Total               | 750.927           | 35                 |                |         |       |
| <b>a*</b> | Antimicrobiano (A)  | 1.332             | 2                  | .666           | 5.595   | 0.010 |
|           | Tiempo (B)          | 39.418            | 3                  | 13.139         | 110.378 | 0.000 |
|           | A * B               | .359              | 6                  | 0.060          | 0.502   | 0.801 |
|           | Error               | 2.857             | 24                 | 0.119          |         |       |
|           | Total               | 43.965            | 35                 |                |         |       |
| <b>b*</b> | Antimicrobiano (A)  | 6.427             | 2                  | 3.214          | 0.649   | 0.531 |
|           | Tiempo (B)          | 33.498            | 3                  | 11.166         | 2.256   | 0.108 |
|           | A * B               | 18.316            | 6                  | 3.053          | 0.617   | 0.715 |
|           | Error               | 118.781           | 24                 | 4.949          |         |       |
|           | Total               | 177.023           | 35                 |                |         |       |

Raybaudi y otros (2008) determinaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento sobre la luminosidad (L\*) en trozos de manzana con cobertura comestible a base de alginato, glicerol y adición de aceites esenciales, almacenados por 14 días a 5 °C. Además, Azarakhsh y otros (2013) determinaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento sobre los valores de luminosidad (L\*) en trozos de piña con cobertura comestible a base de alginato con adición de aceite esencial de limón almacenados por 16 días a 10 °C.

En los Cuadros 10 y 11 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 (características L\* y a\*, respectivamente). A partir de los resultados de esta prueba se puede visualizar que existió diferencia significativa entre los tratamientos que forman parte de los subgrupos.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para luminosidad L\* en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Agente antimicrobiano   | Tiempo (días) | Subconjunto |       |       |       |       |
|-------------------------|---------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
|                         |               | 1           | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Control                 | 15            | 52.41       |       |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 15            | 53.13       |       |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 15            | 55.10       |       |       |       |       |
| Control                 | 10            |             | 57.15 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 10            |             | 58.00 |       |       |       |
| Control                 | 5             |             | 58.24 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 10            |             | 58.34 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 5             |             |       | 61.15 |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 5             |             |       | 61.15 |       |       |
| Control                 | 0             |             |       |       | 62.02 |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 0             |             |       |       | 63.83 | 63.83 |
| Aceite esencial (0.1%)  | 0             |             |       |       |       | 65.02 |

En el Cuadro 10, se observa en el subconjunto 2 que los valores reportados para los diferentes tratamientos son estadísticamente iguales al día 10 de almacenamiento; sin embargo, el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó el valor más alto de L\* con 58.34, lo que indica una mayor claridad de la fruta.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para cromaticidad  $a^*$  en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Agente antimicrobiano   | Tiempo (días) | Subconjunto |       |       |       |       |
|-------------------------|---------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
|                         |               | 1           | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Control                 | 15            | -0.64       |       |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 15            | -1.10       |       |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 15            | -1.41       |       |       |       |       |
| Control                 | 10            |             | -2.25 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 10            |             | -2.45 |       |       |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 10            |             | -2.54 |       |       |       |
| Control                 | 5             |             |       | -2.45 |       |       |
| Aceite esencial (0.05%) | 5             |             |       | -2.80 | -2.80 |       |
| Aceite esencial (0.1%)  | 5             |             |       |       | -3.20 |       |
| Control                 | 0             |             |       |       |       | -3.80 |
| Aceite esencial (0.05%) | 0             |             |       |       |       | -3.82 |
| Aceite esencial (0.1%)  | 0             |             |       |       |       | -4.31 |

En el Cuadro 11, se observa en el subconjunto 2, que los valores reportados para los diferentes tratamientos son estadísticamente iguales al día 10 de almacenamiento; sin embargo, el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó el valor más alto de  $a^*$  con -2.54, lo que indica una tendencia hacia menor cambio de color en la fruta.

#### 4.3. Efecto del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza

La Figura 8 muestra la firmeza en los trozos de piña con cobertura comestible, en función del tiempo de almacenamiento, observándose como ésta variable, medida como la fuerza de penetración del tejido, fue disminuyendo en las muestras a medida que transcurrieron los días.

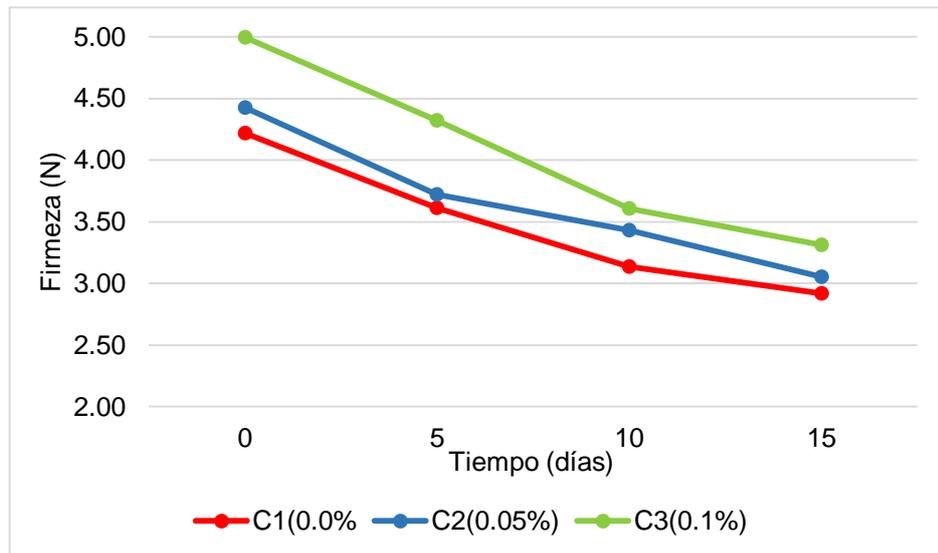


Figura 8. Firmeza en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

Se observó que los trozos de piña con cobertura y aceite esencial de clavo de olor presentaron mayor firmeza a los 15 días de almacenamiento con 3.31 N y 3.05 N para las muestras tratadas con 0.1% y 0.05% de aceite esencial de clavo de olor; respectivamente. La muestra control presentó 2.92 N. Los resultados completos de la firmeza durante el almacenamiento se observan en el anexo número 7.

Según Zulema (2016) se evaluaron 4 tratamientos de coberturas comestibles QPU (quitosano al 0.5% + pululano al 6.5%), QML (glicerol al 0.5% + mucílago de linaza al 1.5%), QMN (glicerol al 0.5% + mucílago de nopal al 4%) y QMS (glicerol al 0.5% + mucílago de sábila + agua destilada estéril en una proporción de 1:1 + glicerol al 0.5%) para mejorar la calidad e incrementar la vida de anaquel de la piña fresca cortada almacenada durante 18 días a 4 °C. Se observó una disminución significativa en la firmeza de todos los tratamientos y para el día final, los valores de las coberturas con tratamientos QPU, QML, QMN y QMS fueron de 2.60, 2.23,

2.8 y 2.61 N; respectivamente, mayores que la muestra control (quitosano al 1.5% + glicerol al 0.5%) con 1.32 N.

Castro y otros (2017) reportaron que los valores de firmeza disminuyeron para todas las muestras de mango cortado con cobertura comestible para T<sub>1</sub> (almidón de yuca al 0.5%, tween 20 al 1%, glicerol al 0.5%, 2 mmol/L de ácido salicílico, glucosa al 0.5%, cinamaldehído al 0.15% y aceite esencial de tomillo al 0.15%) y T<sub>2</sub> (quitosano al 1%, tween 20 al 1%, glicerol al 0.05% y glucosa al 0.05%) a lo largo de los 12 días de almacenamiento con valores que oscilaron entre 6.0 y 0.47 N.

La pérdida de firmeza o ablandamiento de la fruta durante la maduración es uno de los principales factores que determinan la calidad y vida postcosecha de muchos frutos. Previo a la maduración, los frutos tienen una estructura celular rígida, ordenada y bien definida, mientras que paredes celulares blandas y difusas caracterizan los tejidos vegetales de los frutos maduros. El ablandamiento de los frutos es atribuido a la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente pectinas, debido a la acción de enzimas específicas tales como pectinesterasa y la poligalacturonasa (Morales, 2011).

Los síntomas del deterioro de los productos listos para consumir incluyen alteraciones de color, aparición de pardeamientos oxidativos en las superficies cortada, flacidez como resultado de la deshidratación y pérdidas de valor nutricional (Iglesias, 2016). La pérdida de firmeza de los tejidos de las frutas se produce debido al proceso de deterioro de la estructura celular, principalmente por la hidrólisis de los polímeros pécticos en la pared celular y lamina media de la fruta (Pérez, 2016).

La firmeza de productos mínimamente procesados puede ser mejorada con la aplicación de coberturas comestibles a través de la reducción de pérdida de agua y prevención de deshidratación (Pérez, 2016). Las coberturas con antimicrobianos como los aceites esenciales, mantiene altas concentraciones de los conservantes en la superficie del alimento, son una forma de envasado activo que pueden extender el tiempo de vida de productos alimenticios (Márquez y otros, 2013).

En el Cuadro 12 se muestra la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza (N) en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible, dónde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se realizó el análisis de varianza, posteriormente, la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para la firmeza (N) en trozos de piña Golden con cobertura comestible.

| Variable | Estadístico de Levene | p     |
|----------|-----------------------|-------|
| Firmeza  | 1.314                 | 0.336 |

En el Cuadro 13 se muestra el análisis de varianza para la firmeza en trozos de piña mínimamente procesada. Este análisis determina que el tiempo de almacenamiento, tuvo efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 13. Análisis de varianza de la firmeza (N) en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Variable    | Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadros medios | F     | p     |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------|-------|
| Firmeza (N) | Antimicrobiano (A)  | 2.018             | 2                  | 1.009          | 2.289 | 0.123 |
|             | Tiempo (B)          | 10.870            | 3                  | 3.623          | 8.216 | 0.001 |
|             | A * B               | 0.309             | 6                  | 0.052          | 0.117 | 0.993 |
|             | Error               | 10.584            | 24                 | 0.441          |       |       |
|             | Total               | 23.781            | 35                 |                |       |       |

Ahmadzadeh y otros (2013) determinaron efecto significativo del tiempo de almacenamiento ( $p < 0.05$ ) en el mantenimiento de textura en trozos de manzana con cobertura comestible a base de aislados de proteína de soya, alginato y carragenina, almacenados por 15 días a 4 °C.

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la firmeza en los trozos de piña en la cual se nota que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para los valores de firmeza en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Agente antimicrobiano   | Tiempo (días) | Subconjunto |        |        |
|-------------------------|---------------|-------------|--------|--------|
|                         |               | 1           | 2      | 3      |
| Control                 | 15            | 2.9200      |        |        |
| Aceite esencial (0.05%) | 15            | 3.0533      |        |        |
| Aceite esencial (0.1%)  | 15            | 3.3133      |        |        |
| Control                 | 10            | 3.3067      |        |        |
| Aceite esencial (0.05%) | 10            | 3.4167      |        |        |
| Aceite esencial (0.1%)  | 10            | 3.4533      |        |        |
| Control                 | 5             |             | 3.5300 |        |
| Aceite esencial (0.05%) | 0             |             | 3.7033 |        |
| Aceite esencial (0.05%) | 5             |             | 3.9167 |        |
| Control                 | 0             |             | 4.1367 |        |
| Aceite esencial (0.1%)  | 5             |             | 4.2100 |        |
| Aceite esencial (0.1%)  | 0             |             |        | 5.8000 |

En el Cuadro 14, se observa en el subconjunto 1, que los valores reportados para los diferentes tratamientos son estadísticamente iguales al día 10 de almacenamiento; sin embargo, el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó el valor más alto para firmeza con 3.45 N.

#### 4.4. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras

En la Figura 10 se puede observar el recuento de mohos y levaduras en los trozos de piña con cobertura comestible, el cual fue incrementando con el transcurso de los días de almacenamiento. Los resultados experimentales de esta variable se encuentran en el Anexo 8.

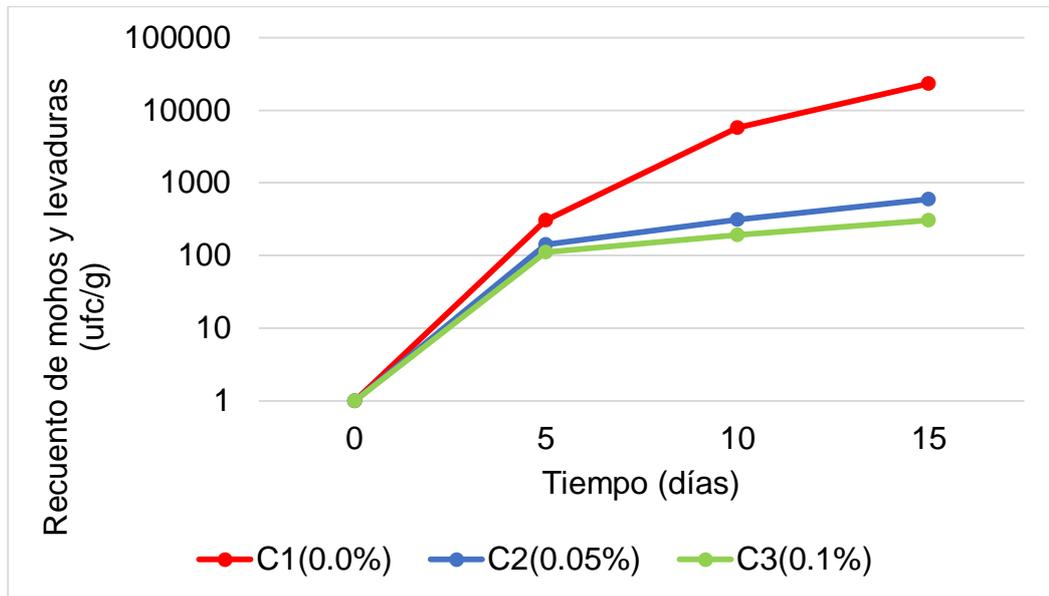


Figura 9. Recuento de mohos y levaduras en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

Se observó que los trozos de piña con cobertura comestible presentaron menor recuento de mohos y levaduras a los 15 días de almacenamiento con un recuento de  $3.03 \times 10^2$  ufc/g y  $5.9 \times 10^2$  ufc/g para las muestras tratadas con 0.1% y 0.05% de aceite esencial de clavo de olor, respectivamente. La muestra control presentó mayor crecimiento con  $2.33 \times 10^4$  ufc/g. Los resultados para las muestras tratadas con 0.1% y 0.05% de aceite esencial de clavo de olor, se encontraron por debajo de los límites microbiológicos aceptables (límite máximo –  $1 \times 10^3$  ufc/g) a diferencia de la muestra control (para mohos y levaduras en alimentos listos para el consumo, indicados por la recopilación de Normas Microbiológicas de los Alimentos de España (Moragas y Del Pablo, 2017).

Rico y otros (2012) reportaron que las pruebas realizadas en mango mínimamente procesado, con coberturas comestibles, durante 12 días de almacenamiento a 4 °C, mostraron una reducción en la velocidad de crecimiento de hongos y levaduras. El tratamiento CL2-1 (quitosano al 2%

y aceite esencial de limón al 1%) tuvo un recuento de 1.0 ufc/g, el tratamiento CN2-1 (quitosano al 2% y aceite esencial de naranja al 1%) obtuvo de 1.99 ufc/g y CH2-0 (quitosano al 2% y sin aceite esencial) presentó 15.85 ufc/g durante los días de almacenamiento. En general, el quitosano es capaz de reducir el crecimiento microbiano; sin embargo, se observa que al utilizar aceites esenciales su actividad aumenta.

Vásquez y otros (2015) reportaron las pruebas realizadas a guayabas cortadas, con cobertura comestible (quitosano al 1%, 1mL de ácido acético, 0.5% de glicerol, 0.1% de aceite esencial de zacate limón), durante 15 días de almacenamiento a 4 °C. La fruta recubierta con quitosano y aceite esencial no mostró crecimiento hasta el día 6, en ese mismo día la guayaba recubierta con quitosano no presentó diferencia significativa con respecto a la guayaba con quitosano y aceite esencial. Presentando valores de 2.95 ufc/g al día 15 de almacenamiento.

La actividad microbiana es la principal causa de deterioro de los alimentos y en la mayoría de los casos, es la responsable de la pérdida de calidad y seguridad. Se acepta que, a medida que los frutos maduran, al contaminación, se incrementa, mayormente por hongos, levaduras y especies bacterianas ácido-lácticas (Sánchez, 2012).

La incorporación de aceites esenciales o compuestos activos en el recubrimiento comestible prolonga la vida útil microbiológica en algunos casos, debido probablemente a un mayor efecto antimicrobiano; sin embargo, algunas características de las frutas mínimamente procesadas se puede ver afectadas, como la firmeza y el color, lo que reduce la vida útil fisicoquímica (Raybaudi y otros, 2008).

Según Aguilar y López (2013) los componentes activos de las especias que tienen actividad contra los microorganismos son, en su

mayoría, metabolitos secundarios como alcaloides, glúcidos, entre otros. Además, atribuyen la actividad antimicrobiana del aceite esencial del clavo de olor a compuestos como el eugenol. Estos compuestos desnaturalizan las proteínas y al mismo tiempo reaccionan con los fosfolípidos de la membrana celular, cambiando así su permeabilidad y produciendo la muerte microbiana.

Resultados similares obtuvo Chuna (2012) para la piña, donde evaluó la cobertura comestible a base de gelatina-almidón y antimicrobianos (aceite esencial de canela 0.1% y extracto de tara 1%) almacenados a 4 °C durante 12 días. Para el recuento de mohos y levaduras, hubo efecto significativo para las muestras con aceite esencial de canela, ya que presentaron el menor recuento ( $1.5 \times 10^2$  ufc/g), en comparación, a la muestra con extracto de tara ( $7.5 \times 10^2$  ufc/g).

En el Cuadro 15 se muestra la prueba de Levene modificada aplicada al recuento de mohos y levaduras en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible, dónde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se realizó el análisis de varianza, posteriormente, la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 15. Prueba de homogeneidad de varianzas para el recuento de mohos y levaduras en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible.

| Variable          | Estadístico de Levene | p     |
|-------------------|-----------------------|-------|
| Mohos y levaduras | 9.621                 | 0.013 |

En el cuadro 16, se presenta el análisis de varianza el recuento de mohos y levaduras en trozos de piña mínimamente procesados. Se muestra que el tiempo de almacenamiento tuvo efecto significativo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 16. Análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en trozos de piña Golden con cobertura comestible.

| Variable                  | Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad |                | F     | p     |
|---------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------|-------|
|                           |                     |                   |                    | Cuadros medios |       |       |
| Mohos y levaduras (ufc/g) | Antimicrobiano (A)  | 10678866.667      | 2                  | 5339433.333    | 0.136 | 0.874 |
|                           | Tiempo (B)          | 496006941.667     | 3                  | 165335647.222  | 4.207 | 0.016 |
|                           | A * B               | 52915333.333      | 6                  | 8819222.222    | 0.224 | 0.965 |
|                           | Error               | 943218133.333     | 24                 | 39300755.556   |       |       |
|                           | Total               | 1502819275.000    | 35                 |                |       |       |

Ricos y otros (2012) determinaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) para el tiempo de almacenamiento en mango mínimamente procesado con cobertura comestible a base de aislados de proteína de soya, alginato y carragenina, almacenados por 15 días a 4 °C.

En el Cuadro 17 se presenta la prueba de Duncan aplicada al recuento de mohos y levaduras en trozos de piña, en la cual se nota que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Se observa en el subconjunto 2, que el tratamiento con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó el menor recuento de mohos y levaduras con 226.66 ufc/g al día 10 de almacenamiento.



#### 4.5. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general.

En la Figura 11 se presentan los resultados de la evaluación de la aceptabilidad general, realizada mediante la aplicación de una escala hedónica de 9, puntos en trozos de piña con cobertura comestible, almacenados a 5 °C durante los días 0, 5, 10 y 15. En los Anexos 9, 10, 11 y 12 se muestran los resultados de la evaluación de aceptabilidad general, con los correspondientes promedios y modas.

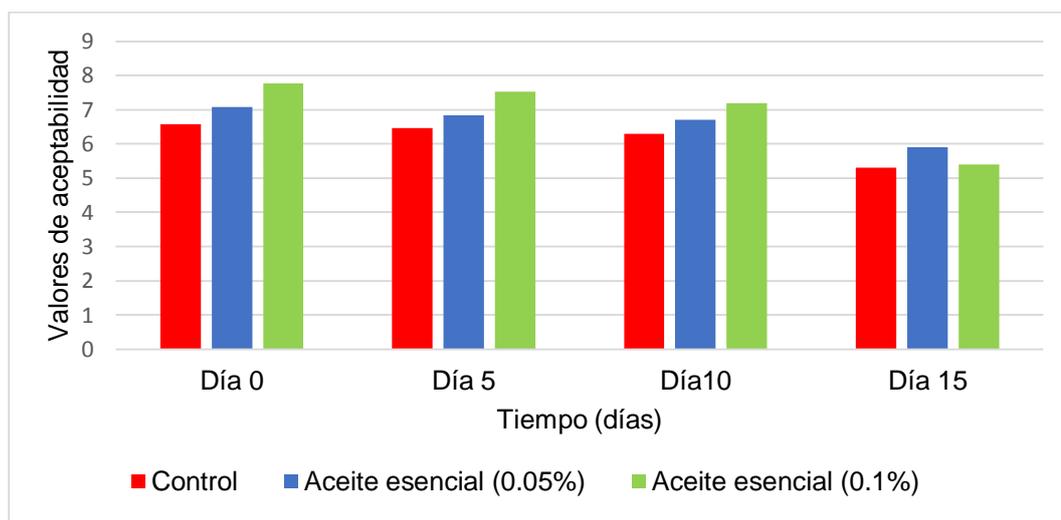


Figura 10. Aceptabilidad general en función del tiempo de almacenamiento en trozos de piña Golden con cobertura comestible.

Se aprecia una disminución en el promedio de las calificaciones en los trozos de piña, conforme transcurrieron los días de almacenamiento. Los trozos de fruta con cobertura comestible y aceite esencial de clavo de olor al 0.1% y 0.05% tuvieron la mayor aceptación de los panelistas reportando en los resultados un sabor agradable, debido a la buena interacción del aceite esencial de clavo de olor y el sabor natural de la piña, presentando así, mayores calificaciones al inicio de la evaluación con 7.77 y 7.07 puntos respectivamente, y al día 10 de almacenamiento los mismos

tratamientos con aceite esencial presentaron aceptación positiva con 7.2 y 6.7 puntos; respectivamente. El tratamiento con aceite esencial al 0.1% reportó resultados con un mejor sabor y aroma por lo que fue de preferencia para los panelistas.

Azarakhsh y otros (2014) evaluaron la aceptabilidad general en trozos de piña con cobertura comestible a base de alginato con aceite esencial de limón (0.1, 0.3, y 0.5%) después de 8 días de almacenamiento a 10 °C, encontrando que las concentraciones de 0.1% y 0.3% fueron las más aceptadas por el consumidor y no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Chauca (2014) indicó que la percepción general de los panelistas en trozos de papaya al día 12 de almacenamiento a 5 °C fue de una mayor aceptación en el tratamiento con cobertura y aceite esencial de canela al 1% con un promedio de 5.86 (“Me gusta levemente”), donde se percibió un sabor más uniforme y olor agradable.

Es importante la evaluación sensorial en productos mínimamente procesados con aplicación de coberturas comestibles, debido a que sus componentes pueden tener repercusiones en los atributos sensoriales como el sabor y el olor (Pérez, 2016).

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de la Prueba de Friedman para la evaluación de la aceptabilidad general de los trozos de piña con cobertura comestible, que determinó la existencia de diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos para el día 10 y 15 de almacenamiento.

Cuadro 18. Prueba de Friedman de aceptabilidad general de trozos de piña Golden con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento.

| Tiempo (días) | Tratamiento           | Media | Rango | Moda | Chi - cuadrado | p     |
|---------------|-----------------------|-------|-------|------|----------------|-------|
| 0             | Control               | 6.57  | 3     | 8    | 1.436          | 0.488 |
|               | Aceite esencial 0.05% | 7.07  | 3     | 8    |                |       |
|               | Aceite esencial 0.1%  | 7.57  | 5     | 8    |                |       |
| 5             | Control               | 6.47  | 4     | 7    | 2.523          | 0.283 |
|               | Aceite esencial 0.05% | 6.83  | 3     | 7    |                |       |
|               | Aceite esencial 0.1%  | 7.53  | 3     | 8    |                |       |
| 10            | Control               | 6.30  | 4     | 7    | 5.752          | 0.005 |
|               | Aceite esencial 0.05% | 6.73  | 4     | 7    |                |       |
|               | Aceite esencial 0.1%  | 7.47  | 3     | 8    |                |       |
| 15            | Control               | 5.33  | 3     | 5    | 8.597          | 0.000 |
|               | Aceite esencial 0.05% | 5.87  | 1     | 6    |                |       |
|               | Aceite esencial 0.1%  | 5.37  | 1     | 5    |                |       |

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de la Prueba de Wilcoxon la cual se aplica al día 10 de almacenamiento para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares. Aquí se denota que el mejor tratamiento (cobertura con aceite esencial de clavo de olor al 0.1%) fue estadísticamente diferente a los demás, por tanto, el de mayor aceptabilidad general.

Cuadro 19. Prueba de Wilcoxon para la evaluación de aceptabilidad general en trozos de piña Golden con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento.

| Tiempo (días) | Tratamiento          |                       | Wilcoxon Z | p     |
|---------------|----------------------|-----------------------|------------|-------|
| 10            | Aceite esencial 0.1% | Aceite esencial 0.05% | -3.185     | 0.001 |
|               |                      | control               | -2.360     | 0.018 |

## V. CONCLUSIONES

Se determinó efecto significativo del aceite esencial en la cobertura y tiempo de almacenamiento sobre la cromaticidad  $a^*$  y aceptabilidad general en trozos de piña variedad Golden mínimamente procesados. Así mismo, el tiempo de almacenamiento mostró efecto significativo sobre la pérdida de peso, luminosidad, firmeza y recuento de mohos y levaduras. No existió efecto significativo ( $p>0.05$ ) de ninguna variable independiente sobre la cromaticidad  $b^*$ .

El tratamiento de cobertura comestible con aceite esencial de clavo de olor al 0.1% presentó la menor pérdida de peso, recuento de mohos y levaduras, mayor firmeza, menor modificación del color ( $L^*$  y  $a^*$ ) y mayor aceptabilidad general con 7.2 puntos que corresponde a una percepción de “Moderadamente agradable” en trozos de piña variedad Golden mínimamente procesados a los 10 días de almacenamiento a 4 °C; pudiendo considerarse como el mejor de esta investigación.

## VI. RECOMENDACIONES

Investigar en Píña variedad Golden el efecto de la cobertura comestible de gelatina-almidón modificado de maíz con adición de otros aceites esenciales (limón, menta, etc.) u otros agentes antimicrobianos naturales (extractos de plantas), para evaluar su efecto sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas (Recuento de aerobios mesófilos viables, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*).

Realizar investigaciones de coberturas comestibles aplicadas a frutos u hortalizas mínimamente procesadas en conjunto con otros métodos de conservación (atmósferas modificadas, procesos térmicos, al vacío, etc.).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

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. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas. Puebla, México.

Ahmadzadeh, R; Ghiafeh, M; Fahim, A; Tanoori, T; y Sheykholeslami, Z. (2013). Effect of selected edible coatings to extend shelf life of fresh cut apples. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(16): 1171-1178.

Antunes, M.D; Gago, C.M; Cavaco, A.M; y Miguel, M.G. (2012). Edible coatings enriched with essential oils and their compounds for fresh and fresh-cut fruit. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture* 4(2), 114-122.

Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Segunda Edición. Editorial Acribia, S.A. 100-189. México.

Araneda, M. (2018) Frutas, hortalizas (verduras) y frutos secos. Composición y propiedades. Educación en Alimentación y Nutrición. Artículo Disponible en: <http://www.edualimentaria.com/frutas-hortalizas-frutos-secos-composicion-propiedades>. Consultado el 16/11/2018.

Arias, C.V. y Toledo, J.H. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Azarakhsh, N; Osman, A; Ghazali, H.M; Tan, C.P; y Mohd, N. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88(1), 1-7.

Begoña, D.A; González-Peña, D; Colina-Coca, C; y Sánchez-Moreno, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V Gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1): 8-17. México.

Campo, J; Vanegas, P; y Andrade, M. (2017). Aceite esencial de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) como agente anti fúngico en recubrimientos comestibles aplicados a zapallo (*Cucurbita maxima*) mínimamente procesado. *Sociedad de Ciencias Agrarias de Portugal. Revista de Ciencias Agrarias*, 40 (3): 641-654.

Castro, M; Rivadeneira, C; y Santacruz, S. (2017). Recubrimiento comestible a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación del mango cortado. *Revista de la Universidad de Zulia. Ciencias Exactas, Naturales y de Salud. Tercera época, Año 7 – N° 18*, 55-68.

Cerrato, I. (2013). Estudio de mercado para la comercialización de piña MD-2. *Secretaría de Agricultura y Ganadería. PRONAGR (Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario)*.

Chávez, M. (2017). Adaptación de Piña Golden en Poroto con Apoyo de Chavimochic. *Noticias Responsable*. Disponible en <http://noticiasresponsables.com/adaptan-pina-golden-en-poroto-con-apoyo-de-chavimochic/>. Consultado el 16/11/2018.

Chauca, M. (2014). Efecto del agente antimicrobiano en la cobertura comestible y el tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general de trozos de papaya (*Carica papaya*), variedad criolla. Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

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 obtener el Título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

Domínguez, B.D. (2013). Potencial del cultivo de piña variedad MD-2 *Ananas comosus* en el Municipio de Juan Rodríguez Clara Veracruz. Trabajo de experiencia recepcional. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Dussan, S; Torres, C; y Hleap-Zapata, J. (2014). Efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de Mango Tommy Atkins mínimamente procesado. Información Tecnológica, 25(4): 123-30.

Enriquez, M; Velasco, R; y Ortiz, V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 10 (1): 182-192.

Fernández, M; Echevarria, E; Mosquera, S; y Paz, S. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial; 15 (2), 134-141.

Figuroa, R., Palou, E., y López, A. (2013). Utilización de películas comestibles y ciclodextrinas para la liberación controlada de aceites esenciales como agentes antimicrobianos en vegetales. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas. Puebla, México.

Fon-Fay, F; García, M; Fajardo, Y; Rodríguez, D; Pino, J; y Casariego, A. (2018). Coberturas de quitosana con aceite esencial de Canela americana (*Ocotea quixos*) en la conservación de papaya mínimamente procesada. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 28 (2): 59-64.

García, M; Bautista, S; Barrera, L; Bosquez, E; Alia, I; y Estrada, M. (2010). Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. Revista Mexicana de Fitopatología, 57:28(1), 45-57.

García, M; Gómez-Sánchez, I; Espinoza, C; Bravo, F; y Ganoza, L. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición e Instituto Nacional de Salud. Tablas peruanas de composición de Alimentos (2017). Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud.

García, Y; Pérez, J; García, A; y Hernández, A. (2011). Determinación de las propiedades de calidad de la piña (*Ananas comosus*) variedad Cayena Lisa almacenada a temperatura ambiente. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(1).

García, V. (2016). Efecto del aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) sobre la caracterización y vida útil de tomates (*Solanum lycopersicum*) frescos. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Piura, Perú.

Gómez, A. (2012). Formulación de un recubrimiento comestible de alginato y cloruro de calcio para reducir de drenaje de jugo de trozos de piña (*Ananas comosus*) frescos cortados. Proyecto de Graduación sometido a la consideración de la Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito final para obtener la Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica.

Iglesias, B. (2016). Control de calidad de productos de IV Gama. Universidad Politécnica de Madrid. 86(3-4):1-8.

Jimenes, A.M. (2016). Recubrimiento comestible a base de Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) para papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*) como alimentos de IV Gama. Artículo Científico. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte.

López, A. (2013). Diseño, desarrollo y aplicación de envases comestibles potencialmente bioactivos. Tesis para obtener el grado académico de Doctor. Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de Alimentos. Madrid, España.

Llorca, B. (2015). Optimización de un envase para fruta (melón, sandía y piña) mínimamente procesada. Trabajo de fin de grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.

Manjavacas, M. (2017). La cuarta gama de frutas y hortalizas espera crecer un 10% hasta el 2020. Revista Valencia fruits. España, Madrid. Disponible en: <http://www.valenciafruits.com/agrocomercio/3-general/6699-la-iv-gama-de-frutas-y-hortalizas-espera-crecer-un-10-hasta-2020>. Consultado el 15/10/2017.

Mantilla, N. (2012). Desarrollo de un revestimiento comestible antimicrobiano basado en alginato para ampliar la vida útil de la piña fresca cortada. Tesis para obtener el grado académico de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad San Francisco de Quito (USFQ). Ecuador.

Márquez, L. y Pretell, C. (2010). Efecto de coberturas biodegradables y temperatura sobre el color, firmeza y pérdida de peso en palta (*Persea Americana Mill*) Hass, durante el almacenamiento. 20(2), 379-389.

Márquez, L., Pretell, C., y Minchón, C. (2013). Efecto del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en Palta (*Persea Americana Mill*) Hass. Pueblo Continente, 24(2): 395–405.

Martínez, Y., y López, A. (2011). Envases activos con agentes antimicrobianos y su aplicación en los alimentos. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 5(2), 1-12.

MINAGRI (2017). Calidad irregular de la piña limita su potencial de exportación. Fuente: Agraria.pe

Disponible en: <http://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/minagri-calidad-irregular-de-la-pina-peruana-limita-su-potencial-de-exportacion/>.

Consultado el 20/09/2017.

Montenegro, A. (2010). Efecto y momento oportuno en la aplicación de diferentes dosis de carburo de calcio como inductor floral, en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) cultivar Golden MD-2 en Lamas. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto.

Moragas, M. y Del Pablo, M. (2017). Recopilación de Normas Microbiológicas de los Alimentos de España.

Morales, M.A. (2011). Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola. Monografía presentada como requisito para obtener Título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México.

Munive, L. (2015). Producción del cultivo de Piña cv. Golden en la Selva Central Mazamari – Satipo (Junín). Trabajo monográfico para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Oregel, E. (2013). Aplicación de cubiertas comestibles formuladas con cera de candelilla para la conservación de la fresa. Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias de la Producción Agrícola Sustentable. Instituto Politécnico Nacional de México.

Pastor, C. (2010). Recubrimientos comestibles a partir de hidroxipropil metilcelulosa: Caracterización y aplicación. Tesis para obtener el grado de Doctor en Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.

Pefaur, J. (2014). IV Gama, una industria alimentaria en crecimiento. Oficina de estudios y políticas agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura. Chile.

Pérez, A. (2015). Conservación de mango Tommy Atkins mínimamente procesado mediante un recubrimiento comestible de Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller). Trabajo de investigación para optar el Título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia.

Pérez, J. A. (2016). Efecto del agente antimicrobiano del aceite esencial de canela y aceite esencial de limón en la cobertura comestible y el tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banano (*Musa paradisiaca*). Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

Pretel, T. (2015). Envasado de fruta mínimamente procesada. Revista Énfasis Packaging. Departamento de Biología Aplicada. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernandez. España. Disponible en: <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/72292-ensado-fruta-minimamente-procesada>. Consultado el 20/09/2017.

Ramos, E. (2018). “Tras una importante caída en el 2017, las exportaciones de piña recobran impulso en el año 2018”. Agencia Agraria de Noticias. Disponible en: <http://agraria.pe/noticias/tras-una-importante-caida-en-el-2017-las-exportaciones-de-pi-16557>. Consultado el 10/11/2018.

Raybaudi-Massilia, R.M; Mosqueda-Melgar, J; y Martín-Belloso, O. (2008). Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut fuji apples. *Journal of Food Protection*, 121(1):313–327. Department of Food Technology. University of Lleida, Spain.

Rico, F. (2013). Estudio de la aplicación de recubrimientos comestibles de quitosano y su combinación con aceites esenciales sobre la vida útil del mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesado. Tesis para optar Título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

Rico, F; Gutiérrez, C.C; y Díaz-Moreno, C. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales en la calidad microbiológica de mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesado. Universidad de Colombia. *Vitae*, 19(1): 117-119.

Rodríguez, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Universidad Autónoma Indígena de México. *Ra Ximhai*, 7(1):153-170.

Rosales, B. (2015). Estudio comparativo de tres variedades de chía (*Salvia hispanica*) en la producción de recubrimientos comestibles sobre frutos. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad autónoma Agraria. 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 la características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en uva (*Vitis vinifera* L.), variedad Red Globe. Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

Sandoval, I. y Torres, E. (2011). Guía Técnica del Cultivo de Piña. Programa MAG-CENTA frutales. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova". El Salvador.

Sartori, T. y Menegalli, F. (2014). Películas y coberturas comestibles que contienen antioxidantes. Facultad de Ingeniería de Alimentos. *Revista Brasileira de Tecnología Alimentaria*. 17(2), 98-112. Brasil.

Uriza, A.D. (2011). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región Sur, Sureste de México: Trópico húmedo. Paquete

Tecnológico Piña MD-2 (*Ananas comosus var. comosus*). Establecimiento y mantenimiento.

Zulema, M. (2016). Evaluación y comparación de recubrimientos comestibles a base de mucílagos, quitosán y pululano en la calidad y vida de anaquel de la piña fresca cortada. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias con orientación en Biotecnología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Ficha técnica del almidón modificado de maíz



TDS 555  
890250

#### Technical Data Sheets

---

#### KOL GUARD® 7467 Starch

---

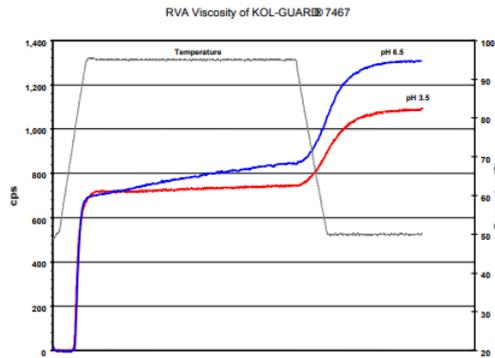
KOL GUARD 7467 is modified waxy cook-up starch designed for use in neutral to acidic food systems. It provides high viscosity with a creamy, smooth texture. It is stable to the pH range of common food systems which allows its use in a wide range of products.

#### Typical Properties (not specifications)

|                                       |                    |
|---------------------------------------|--------------------|
| Pasting Temperature                   | 68°C (154°F)       |
| Water Holding Capacity                | pH 3.5             |
| (Grams water held per gram of Starch) | 24.0               |
| pH 6.5                                | 21.0               |
| Freeze/Thaw Stability                 | Good               |
| Flavor                                | Good               |
| Texture                               | Short, non-gelling |
| Clarity                               | Exceptional        |

KOL GUARD 7467 is easily hydrated and cooked at low processing temperatures. The viscosity is stable in the pH range of most food systems.

**Technical Data Sheets**  
**KOL GUARD® 7467 Starch**

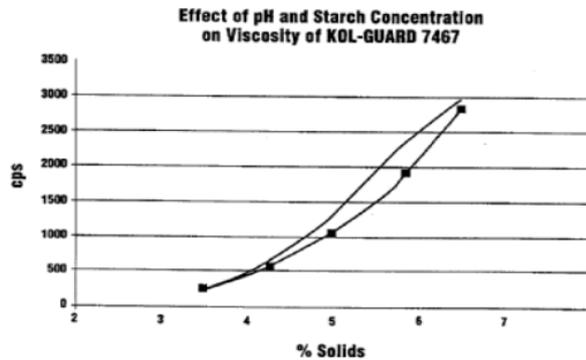


**Applications**

KOL GUARD 7467 is recommended for neutral to acidic food systems. Fruit pie fillings made with KOL GUARD 7467 have excellent clarity, a smooth, short texture and resistance to breakdown or textural changes during frozen storage or freeze-thaw cycling.

Sauces and gravies, both neutral and acid, benefit from the stability of KOL GUARD 7467. The stable texture and bland flavor produces a high quality product in either a shelf stable or frozen system.

**Viscosity**  
 Effect of pH and Starch Concentration on Viscosity  
 of KOL-GUARD 7467



The information contained in this bulletin should not be construed as recommending the use of our product in violation of any patent, or as warranties (expressed or implied) of non infringement or its fitness for any particular purpose. Prospective purchasers are invited to conduct their own tests, studies and regulatory review to determine the fitness of Tate & Lyle products for their particular purposes product claims or specific applications.

**Preparation**

KOL GUARD 7467 is a "cook-up" starch which is easily dispersed in cold water using minimal to moderate agitation. Optimal cooking conditions will vary depending on the pH, solids of the system, and cooking equipment used. A minimum temperature of 170°F (77°C), with 10-15 minute hold is a recommended starting point. For specific cooking recommendations, contact your Tate & Lyle sales representative.

**Labeling**

KOL GUARD 7467 complies with the requirements of Food Additives Regulation 21CFR172.892 for "Food Starch – Modified".

**Availability**

KOL GUARD 7467 starch is available in 50 lb. multi-wall paper bags for truckload and carload shipments. For additional information, samples, or assistance in using KOL GUARD 7467 starch, please contact your Tate & Lyle sales representative.

---

Tate & Lyle    2200 E. Eldorado Street    Decatur, IL 62525    Phone: 217/423-4411    Fax: 217/421-2216    [www.tateandlyle.com](http://www.tateandlyle.com)

The information contained in this bulletin should not be construed as recommending the use of our product in violation of any patent, or as warranties (expressed or implied) of non infringement or its fitness for any particular purpose. Prospective purchasers are invited to conduct their own tests, studies and regulatory review to determine the fitness of Tate & Lyle products for their particular purposes product claims or specific applications.

**Anexo 2.** Ficha técnica del aceite esencial de clavo de olor.

 **Aromas del Perú S.A.**  
 FABRICANTES DE SABORES LÍQUIDOS Y EN POLVO, COLORANTES CERTIFICADOS Y FRAGANCIAS  
 PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA, FARMACÉUTICA, PERFUMERÍA, COSMÉTICA Y OTRAS  
 Validación Técnica Oficial PLAN HACCP

**CERTIFICADO DE ANALISIS 002691 - 14**

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Producto : **HOJAS DE CLAVO**  
(CLOVE LEAF OIL)

Proveedor: **LLUCH ESSENCE**  
 Procedencia: **España.**  
 Fecha de Produccion : 26.09.2012  
 Fecha de Vencimiento: 26.09.2015

Lote: C-19179101  
 Cantidad: 1 Kg.

RESULTADO DE ANALISIS

| ANALISIS                    | RESULTADOS          |
|-----------------------------|---------------------|
| Color and appearance        | Liquid yellow-brown |
| Odor                        | Spicy, eugenol      |
| Specific gravity a 25/25 °C | 1.040               |
| Refractive index a 20°C     | 1.5300              |
| Eugenol (%)                 | 80.66               |

OBSERVACION

Certificamos los resultados emitidos por nuestro proveedor.

CERTIFICACION

Fecha de emisión: 30.12.2014

**AROMAS DEL PERÚ**  
**CONTROL DE CALIDAD**  
**APROBADO**

Fecha.....30.12.14.....  
 Vº Bº.....

**Anexo 3.** Pérdida de peso (%) en trozos de piña Golden con cobertura comestible durante el almacenamiento a 4 °C.

| <b>Repetición 1</b>        |                |   |  |
|----------------------------|----------------|---|--|
| <b>Pérdida de peso (%)</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>              | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| Día 0                      | 0.0            | 0.0   | 0.0  |
| Día 5                      | 6.73           | 6.97  | 6.36   |
| Día 10                     | 9.44           | 8.05  | 8.34   |
| Día 15                     | 16.60          | 14.73   | 10.80  |

| <b>Repetición 2</b>        |                |   |  |
|----------------------------|----------------|---|--|
| <b>Pérdida de peso (%)</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>              | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| Día 0                      | 0.0            | 0.0   | 0.0  |
| Día 5                      | 6.97           | 6.20  | 6.17   |
| Día 10                     | 9.09           | 9.25  | 8.96   |
| Día 15                     | 17.44          | 16.49   | 9.11   |

| <b>Repetición 3</b>        |                |   |  |
|----------------------------|----------------|---|--|
| <b>Pérdida de peso (%)</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>              | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| Día 0                      | 0              | 0   | 0  |
| Día 5                      | 7.47           | 6.00  | 7.28   |
| Día 10                     | 9.22           | 9.00  | 9.36   |
| Día 15                     | 17.74          | 15.13   | 10.91  |

| <b>Promedio de pérdida de peso (%)</b> |                |   |  |
|--|----------------|---|--|
| <b>Tiempo</b>                          | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| Día 0                                  | 0              | 0   | 0  |
| Día 5                                  | 7.06           | 6.39  | 6.60   |
| Día 10                                 | 9.25           | 8.77  | 8.89   |
| Día 15                                 | 17.26          | 15.45   | 10.27  |

**Anexo 4.** Valores de L\* en trozos de piña Golden con cobertura comestible durante el almacenamiento a 4 °C.

| <b>Repetición 1</b>   |                |   |  |
|-----------------------|----------------|---|--|
| <b>Luminosidad L*</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>         | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>          | 64.16          | 64.48   | 66.44  |
| <b>Día 5</b>          | 51.21          | 53.94   | 51.58  |
| <b>Día 10</b>         | 57.03          | 54.36   | 60.08  |
| <b>Día 15</b>         | 52.21          | 54.41   | 57.82  |

| <b>Repetición 2</b>   |                |   |  |
|-----------------------|----------------|---|--|
| <b>Luminosidad L*</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>         | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>          | 64.07          | 63.06   | 64.38  |
| <b>Día 5</b>          | 60.27          | 61.88   | 61.31  |
| <b>Día 10</b>         | 58.12          | 57.74   | 58.14  |
| <b>Día 15</b>         | 48.82          | 50.48   | 50.93  |

| <b>Repetición 3</b>   |                |   |  |
|-----------------------|----------------|---|--|
| <b>Luminosidad L*</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>         | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>          | 60.2           | 62.5  | 63.38  |
| <b>Día 5</b>          | 59.27          | 61.88   | 62.31  |
| <b>Día 10</b>         | 58.45          | 57.34   | 59.24  |
| <b>Día 15</b>         | 56.2           | 54.51   | 56.55  |

| <b>Promedio de Luminosidad (L*)</b> |                |   |  |
|-------------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Tiempo</b>                       | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                        | 62.81          | 63.35   | 64.73  |
| <b>Día 5</b>                        | 56.92          | 59.23   | 58.4   |
| <b>Día 10</b>                       | 57.87          | 56.48   | 59.15  |
| <b>Día 15</b>                       | 52.41          | 53.13   | 55.11  |

**Anexo 5.** Valores de cromaticidad a\* en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible durante el almacenamiento a 4 °C.

| <b>Repetición 1</b>    |                |   |  |
|------------------------|----------------|---|--|
| <b>Cromaticidad a*</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>          | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>           | -4.23          | -4  | -4.71  |
| <b>Día 5</b>           | -2.47          | -2.26   | -2.62  |
| <b>Día 10</b>          | -2.23          | -2.06   | -2.46  |
| <b>Día 15</b>          | -0.51          | -0.05   | -1.3   |

| <b>Repetición 2</b>    |                |   |  |
|------------------------|----------------|---|--|
| <b>Cromaticidad a*</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>          | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>           | -3.62          | -3.86   | -3.93  |
| <b>Día 5</b>           | -2.62          | -2.69   | -3.09  |
| <b>Día 10</b>          | -2.36          | -2.52   | -2.76  |
| <b>Día 15</b>          | -1.34          | -0.89   | -1.38  |

| <b>Repetición 3</b>    |                |   |  |
|------------------------|----------------|---|--|
| <b>Cromaticidad a*</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>          | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>           | -3.65          | -3.85   | -3.97  |
| <b>Día 5</b>           | -3.05          | -3.1  | -3.45  |
| <b>Día 10</b>          | -2.15          | -2.35   | -2.85  |
| <b>Día 15</b>          | -1.45          | -0.99   | -1.55  |

| <b>Promedio de Cromaticidad (a*)</b> |                |   |  |
|--------------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Tiempo</b>                        | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                         | -3.83          | -3.90   | -4.20  |
| <b>Día 5</b>                         | -2.71          | -2.68   | -3.05  |
| <b>Día 10</b>                        | -2.25          | -2.31   | -2.69  |
| <b>Día 15</b>                        | -1.10          | -0.64   | -1.41  |

**Anexo 6.** Valores de  $b^*$  en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible durante el almacenamiento a 4 °C.

| <b>Repetición 1</b>                  |                |   |  |
|--------------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Cromaticidad <math>b^*</math></b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>                        | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                         | 25.9           | 26.65   | 30.3   |
| <b>Día 5</b>                         | 21.16          | 22.26   | 22.15  |
| <b>Día 10</b>                        | 21.2           | 21.14   | 21.91  |
| <b>Día 15</b>                        | 18.82          | 19.42   | 20.93  |

| <b>Repetición 2</b>                  |                |   |  |
|--------------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Cromaticidad <math>b^*</math></b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>                        | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                         | 20.19          | 20.27   | 20.27  |
| <b>Día 5</b>                         | 20.08          | 20.22   | 20.35  |
| <b>Día 10</b>                        | 20.88          | 21.32   | 21.45  |
| <b>Día 15</b>                        | 21.37          | 22.26   | 22.92  |

| <b>Repetición 3</b>                  |                |   |  |
|--------------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Cromaticidad <math>b^*</math></b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>                        | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                         | 20.15          | 21.05   | 21.3   |
| <b>Día 5</b>                         | 21.3           | 21.56   | 21.6   |
| <b>Día 10</b>                        | 19.25          | 20.54   | 20.9   |
| <b>Día 15</b>                        | 18.55          | 18.8  | 19.45  |

| <b>Promedio de Cromaticidad (<math>b^*</math>)</b> |                |   |  |
|--|----------------|---|--|
| <b>Tiempo</b>                                      | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                                       | 22.08          | 22.66   | 23.96  |
| <b>Día 5</b>                                       | 20.85          | 21.35   | 21.37  |
| <b>Día 10</b>                                      | 20.44          | 21.00   | 21.42  |
| <b>Día 15</b>                                      | 19.58          | 20.16   | 21.10  |

**Anexo 7.** Firmeza en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible durante el almacenamiento a 4 °C.

| <b>Repetición 1</b> |                |   |  |
|---------------------|----------------|---|--|
| <b>Firmeza (N)</b>  |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>       | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>        | 5.34           | 5.5   | 6.56   |
| <b>Día 5</b>        | 3.69           | 4.09  | 4.85   |
| <b>Día 10</b>       | 2.81           | 3.44  | 3.67   |
| <b>Día 15</b>       | 2.47           | 2.89  | 3.5  |

| <b>Repetición 2</b> |                |   |  |
|---------------------|----------------|---|--|
| <b>Firmeza (N)</b>  |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>       | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>        | 3.47           | 4.19  | 4.75   |
| <b>Día 5</b>        | 3.45           | 3.67  | 4.63   |
| <b>Día 10</b>       | 2.98           | 3.62  | 3.76   |
| <b>Día 15</b>       | 2.92           | 3.09  | 3.17   |

| <b>Repetición 3</b> |                |   |  |
|---------------------|----------------|---|--|
| <b>Firmeza (N)</b>  |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>       | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>        | 3.85           | 3.59  | 3.67   |
| <b>Día 5</b>        | 3.7            | 3.41  | 3.48   |
| <b>Día 10</b>       | 3.62           | 3.24  | 3.39   |
| <b>Día 15</b>       | 3.37           | 3.18  | 3.27   |

| <b>Promedio de Firmeza (N)</b> |                |   |  |
|--------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Tiempo</b>                  | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                   | 4.22           | 4.43  | 4.99   |
| <b>Día 5</b>                   | 3.61           | 3.72  | 4.32   |
| <b>Día 10</b>                  | 3.14           | 3.43  | 3.61   |
| <b>Día 15</b>                  | 2.92           | 3.05  | 3.31   |

**Anexo 8.** Recuento de Mohos y Levaduras en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible durante el almacenamiento a 4 °C.

| <b>Repetición 1</b>              |                |   |  |
|----------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Mohos y levaduras (ufc/g)</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>                    | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                     | 0              | 0   | 0  |
| <b>Día 5</b>                     | 210            | 145   | 100  |
| <b>Día 10</b>                    | 4500           | 230   | 130  |
| <b>Día 15</b>                    | 21000          | 570   | 310  |

| <b>Repetición 2</b>              |                |   |  |
|----------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Mohos y levaduras (ufc/g)</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>                    | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                     | 0              | 0   | 0  |
| <b>Día 5</b>                     | 500            | 130   | 105  |
| <b>Día 10</b>                    | 7700           | 400   | 300  |
| <b>Día 15</b>                    | 24000          | 750   | 400  |

| <b>Repetición 3</b>              |                |   |  |
|----------------------------------|----------------|---|--|
| <b>Mohos y levaduras (ufc/g)</b> |                |   |  |
| <b>Tiempo</b>                    | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                     | 0              | 0   | 0  |
| <b>Día 5</b>                     | 200            | 150   | 125  |
| <b>Día 10</b>                    | 5000           | 300   | 150  |
| <b>Día 15</b>                    | 25000          | 450   | 200  |

| <b>Promedio de mohos y levaduras (ufc/g)</b> |                |   |  |
|--|----------------|---|--|
| <b>Tiempo</b>                                | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de clavo de olor (0.1%)</b> |
| <b>Día 0</b>                                 | 0              | 0   | 0  |
| <b>Día 5</b>                                 | 303.33         | 141.67  | 110.00   |
| <b>Día 10</b>                                | 5733.33        | 310.00  | 193.33   |
| <b>Día 15</b>                                | 23333.33       | 590.00  | 303.33   |

**Anexo 9.** Resultados de aceptabilidad general al día 0 de almacenamiento.

| <b>Jueces</b> | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial<br/>de clavo de olor<br/>(0.05%)</b> | <b>Aceite esencial<br/>de clavo de olor<br/>(0.1%)</b> |
|---------------|----------------|---|--|
| 1             | 5              | 7   | 8  |
| 2             | 7              | 7   | 7  |
| 3             | 8              | 8   | 8  |
| 4             | 5              | 8   | 8  |
| 5             | 8              | 7   | 8  |
| 6             | 8              | 8   | 8  |
| 7             | 6              | 6   | 8  |
| 8             | 7              | 7   | 6  |
| 9             | 8              | 8   | 7  |
| 10            | 5              | 5   | 8  |
| 11            | 6              | 5   | 8  |
| 12            | 5              | 5   | 7  |
| 13            | 6              | 7   | 8  |
| 14            | 5              | 6   | 8  |
| 15            | 8              | 8   | 8  |
| 16            | 8              | 8   | 9  |
| 17            | 8              | 8   | 8  |
| 18            | 7              | 7   | 8  |
| 19            | 5              | 8   | 8  |
| 20            | 8              | 6   | 7  |
| 21            | 5              | 8   | 8  |
| 22            | 7              | 8   | 7  |
| 23            | 5              | 7   | 8  |
| 24            | 8              | 8   | 8  |
| 25            | 5              | 5   | 7  |
| 26            | 8              | 7   | 8  |
| 27            | 5              | 8   | 8  |
| 28            | 8              | 8   | 8  |
| 29            | 7              | 7   | 8  |
| 30            | 6              | 7   | 8  |
| TOTAL         | 197            | 212   | 233  |
| PROMEDIO      | 6.57           | 7.07  | 7.77   |
| MODA          | 8              | 8   | 8  |

**Anexo 10.** Resultados de aceptabilidad general al día 5 de almacenamiento.

| Jueces   | Control | Aceite esencial de<br>clavo de olor (0.05%) | Aceite esencial<br>de clavo de olor<br>(0.1%) |
|----------|---------|---|---|
| 1        | 7       | 7   | 8   |
| 2        | 7       | 7   | 7   |
| 3        | 8       | 8   | 8   |
| 4        | 5       | 8   | 7   |
| 5        | 7       | 7   | 8   |
| 6        | 8       | 8   | 8   |
| 7        | 5       | 6   | 8   |
| 8        | 7       | 8   | 7   |
| 9        | 7       | 8   | 7   |
| 10       | 4       | 5   | 7   |
| 11       | 7       | 5   | 8   |
| 12       | 7       | 7   | 8   |
| 13       | 5       | 5   | 7   |
| 14       | 6       | 6   | 7   |
| 15       | 8       | 8   | 8   |
| 16       | 7       | 7   | 8   |
| 17       | 5       | 7   | 8   |
| 18       | 7       | 7   | 7   |
| 19       | 5       | 6   | 8   |
| 20       | 7       | 7   | 8   |
| 21       | 6       | 6   | 7   |
| 22       | 7       | 8   | 7   |
| 23       | 8       | 7   | 8   |
| 24       | 8       | 8   | 8   |
| 25       | 4       | 5   | 7   |
| 26       | 4       | 6   | 5   |
| 27       | 5       | 7   | 8   |
| 28       | 7       | 7   | 8   |
| 29       | 8       | 7   | 8   |
| 30       | 8       | 7   | 8   |
| TOTAL    | 194     | 205   | 226   |
| PROMEDIO | 6.47    | 6.83  | 7.53  |
| MODA     | 7       | 7   | 8   |

**Anexo 11.** Resultados de aceptabilidad general al día 10 de almacenamiento.

| <b>Jueces</b> | <b>Control(113)</b> | <b>Aceite esencial<br/>de clavo de olor<br/>(0.05%)</b> | <b>Aceite esencial<br/>de clavo de olor<br/>(0.1%)</b> |
|---------------|---------------------|---|--|
| 1             | 7                   | 7   | 6  |
| 2             | 7                   | 7   | 7  |
| 3             | 8                   | 8   | 8  |
| 4             | 5                   | 8   | 7  |
| 5             | 5                   | 7   | 8  |
| 6             | 7                   | 7   | 6  |
| 7             | 6                   | 5   | 8  |
| 8             | 5                   | 5   | 7  |
| 9             | 7                   | 7   | 7  |
| 10            | 8                   | 7   | 7  |
| 11            | 6                   | 7   | 8  |
| 12            | 7                   | 8   | 8  |
| 13            | 5                   | 7   | 7  |
| 14            | 7                   | 8   | 8  |
| 15            | 8                   | 7   | 7  |
| 16            | 5                   | 5   | 6  |
| 17            | 4                   | 5   | 7  |
| 18            | 7                   | 7   | 7  |
| 19            | 5                   | 5   | 8  |
| 20            | 8                   | 5   | 7  |
| 21            | 7                   | 8   | 8  |
| 22            | 4                   | 6   | 7  |
| 23            | 6                   | 7   | 8  |
| 24            | 8                   | 8   | 7  |
| 25            | 4                   | 6   | 7  |
| 26            | 4                   | 6   | 6  |
| 27            | 6                   | 6   | 8  |
| 28            | 7                   | 7   | 7  |
| 29            | 8                   | 7   | 7  |
| 30            | 8                   | 7   | 8  |
| TOTAL         | 189                 | 200   | 217  |
| PROMEDIO      | 6.3                 | 6.7   | 7.2  |
| MODA          | 7                   | 7   | 7  |

**Anexo 12.** Resultados de aceptabilidad general al día 15 de almacenamiento.

| <b>Jueces</b> | <b>Control</b> | <b>Aceite esencial de<br/>clavo de olor<br/>(0.05%)</b> | <b>Aceite esencial de<br/>clavo de olor<br/>(0.1%)</b> |
|---------------|----------------|---|--|
| 1             | 6              | 6   | 5  |
| 2             | 6              | 6   | 5  |
| 3             | 6              | 6   | 6  |
| 4             | 5              | 5   | 5  |
| 5             | 5              | 6   | 5  |
| 6             | 7              | 6   | 5  |
| 7             | 6              | 5   | 5  |
| 8             | 5              | 6   | 6  |
| 9             | 6              | 6   | 5  |
| 10            | 6              | 6   | 6  |
| 11            | 5              | 6   | 6  |
| 12            | 5              | 6   | 5  |
| 13            | 6              | 5   | 5  |
| 14            | 6              | 6   | 6  |
| 15            | 5              | 6   | 5  |
| 16            | 5              | 6   | 6  |
| 17            | 5              | 6   | 5  |
| 18            | 6              | 6   | 5  |
| 19            | 5              | 6   | 6  |
| 20            | 5              | 5   | 5  |
| 21            | 6              | 6   | 6  |
| 22            | 5              | 6   | 5  |
| 23            | 6              | 6   | 5  |
| 24            | 4              | 6   | 6  |
| 25            | 5              | 5   | 5  |
| 26            | 5              | 6   | 5  |
| 27            | 4              | 6   | 6  |
| 28            | 6              | 6   | 5  |
| 29            | 4              | 6   | 6  |
| 30            | 4              | 6   | 5  |
| TOTAL         | 160            | 176   | 161  |
| PROMEDIO      | 5.3            | 5.9   | 5.4  |
| MODA          | 5              | 6   | 5  |