UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca.

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: Lizbeth Estefanía Oñate Zúñiga

Tutor: Ph. D. Milton Rubén Ramos Moya

Ambato – Ecuador

Julio - 2018

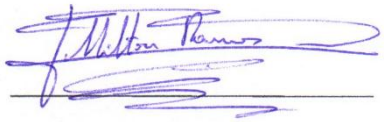
APROBACIÓN DEL TUTOR

Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 01 de junio del 2018



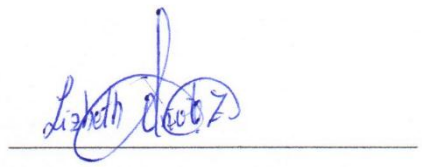
Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

C.I. 180111963-5

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lizbeth Estefanía Oñate Zúñiga, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, previamente a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas.



Lizbeth Estefanía Oñate Zúñiga

C.I. 180497159-4

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

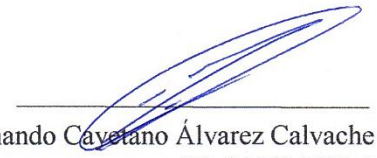


Presidente del Tribunal



Ph.D. Ignacio Ángel Angós Iturgaiz

C.I. 175697822-5



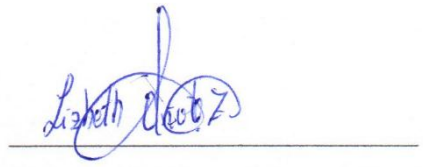
Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache
C.I. 180104502-0

Ambato, 02 de julio del 2018

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación aparte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Lizbeth Estefanía Oñate Zúñiga

C.I. 180497159-4

AUTORA

DEDICATORIA

A mi madre Clara, por su gran amor, sacrificio, y apoyo incondicional para cumplir esta meta, a mi hermano Elvis por haberme apoyado en los momentos difíciles durante mis estudios, a mis Tíos por darme ánimos y fuerza para seguir adelante y no rendirme en ningún momento y a mis abuelitos Carlos y Eloísa por sus grandes consejos.

Lizbeth

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber guiado por el camino correcto y darme la fuerza para nunca rendirme y lograr culminar mis estudios universitarios.

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por haberme permitido formarme como profesional.

A mi Tutor Ph.D. Milton Ramos, por haber tenido paciencia y por su tiempo brindado para guiarme y ayudarme a culminar este trabajo de titulación, al Ph.D. Ignacio Angós y al Mg. Fernando Álvarez que con sus conocimientos aportaron en este proyecto.

A mis amigos Inés, Stalin, Ximena, Evelin y Jorge por los hermosos momentos que pasamos durante nuestra formación universitaria.

Lizbeth

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD iv
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO v
DERECHOS DE AUTOR vi
DEDICATORIA vii
AGRADECIMIENTOS viii
ÍNDICE GENERAL ix
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xii
RESUMEN xiv
ABSTRACT xv
INTRODUCCIÓN xvi
CAPÍTULO I 1
EL PROBLEMA 1
1.1 Tema 1
1.2 Justificación 1
1.3 Objetivos 2
1.3.1 Objetivo general 2
1.3.2 Objetivos específicos 2
CAPÍTULO II 3
MARCO TEÓRICO 3
2.1 Antecedentes investigativos 3
2.2 Hipótesis 6
2.2.1 Hipótesis nula (H_o) 6
2.2.2 Hipótesis alternativa (H_a) 6
2.3 Señalamiento de las variables 6
2.3.1 Variables independientes 6
2.3.2 Variables dependientes 6
CAPÍTULO III 7
MATERIALES Y MÉTODOS 7
3.1 Materiales 7
3.1.1 Materia prima 7
3.1.2 Reactivos 7
3.1.3 Equipos 8
3.2 Métodos 8

3.2.1 Caracterización fisicoquímica de la papa china 8
3.2.1.1 Peso 8
3.2.1.2 Tamaño 8
3.2.1.3 Color 9
3.2.1.4 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable (% acido oxálico) 9
3.2.1.5 Sólidos solubles (°Brix) 10
3.2.1.6 Índice de madurez 10
3.2.1.7 Actividad de agua (aw) 10
3.2.2 Extracción de almidón de papa china 10
3.2.2 Análisis fisicoquímico del almidón de papa china 11
3.2.2.1 Materia seca y humedad 11
3.2.2.2 Cenizas 11
3.2.2.3 Lípidos 12
3.2.2.4 Proteína 12
3.2.2.5 Fibra 12
3.2.2.6 Densidad aparente de almidón suelto 12
3.2.3 Propiedades funcionales del almidón de papa china 13
3.2.3.1 Temperatura de gelatinización 13
3.2.3.2 Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH) 13
3.2.3.3 Viscosidad 14
3.2.3.4 Microscopía óptica 14
3.2.4 Preparación y aplicación del recubrimiento comestible 14
3.2.4.1 Preparación del recubrimiento a base de almidón de papa china 14
3.2.4.2 Aplicación del recubrimiento comestible en fresa 14
3.2.5 Características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración 15
3.2.5.1 Pérdida de peso 15
3.2.5.2 Sólidos solubles totales (°Brix) 15
3.2.5.3 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable (% ácido cítrico) 15
3.2.5.5 Determinación del tiempo de vida útil 16
3.3 Diseño experimental 16
CAPÍTULO IV 18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 18
4.1 Análisis y discusión de los resultados 18
4.1.1 Caracterización de la fresa 18

4.1.2 Caracterización de la papa china 18
4.1.3 Rendimiento de almidón de papa china 20
4.1.4 Análisis fisicoquímico del almidón de papa china 20
4.1.5 Propiedades funcionales del almidón de papa china 22
4.1.5.1 Temperatura de gelatinización 22
4.1.5.2 Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH) 22
4.1.5.3 Viscosidad 23
4.1.5.4 Microscopía óptica y electrónica de barrido del almidón de papa china 24
4.1.6 Evaluación de las características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración 25
4.1.6.1 Pérdida de peso 25
4.1.6.2 Sólidos solubles totales 27
4.1.6.3 pH 28
4.1.6.4 Acidez titulable 29
4.1.6.5 Determinación del tiempo de vida útil del mejor tratamiento 30
4.2 Verificación de las hipótesis 31
CAPÍTULO V 32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32
5.1. Conclusiones 32
5.2. Recomendaciones 33
BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA 34
ANEXOS 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores y niveles controlados en la elaboración de recubrimientos comestibles. 16
Tabla 2: Tratamientos empleados en la elaboración del recubrimiento comestible..... 17
Tabla 3: Caracterización fisicoquímica de la fresa fresca 18
Tabla 4: Características fisicoquímicas de la papa china 19
Tabla 5: Color externo (cáscara) e interno (pulpa) de la papa china..... 19
Tabla 6: Rendimiento[1] de almidón de papa china. 20
Tabla 7: Análisis fisicoquímico del almidón de papa china..... 20
Tabla 8. Capacidad de retención de agua (g agua/g muestra), solubilidad (%) y poder de hinchamiento (g agua/g muestra) a diferentes temperaturas 22
Tabla 9. Pérdida de peso[1] (%) de la fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días 26
Tabla 10. Sólidos solubles totales[1] (°Brix) de fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días 27
Tabla 11. pH[1] de la fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días 28
Tabla 12. Acidez titulable[1] (% ácido cítrico) de la fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fresa (Fragaria x ananassa *Duchesne)*..... 3
Figura 2. Papa china (Colocasia esculenta Schott) 4
Figura 3. Fuentes utilizadas en la elaboración de recubrimientos comestibles **(Arancibia, 2014)** 5
Figura 4. Tabla de color de la fresa según el estado de madurez **(Alcántara, 2009)** 7
Figura 5. Diámetro longitudinal (A) y diámetro ecuatorial (B) 8
Figura 6. Color externo e interno de la papa china 9
Figura 7: Caracterización reológica de la solución acuosa de almidón de papa china al 25 (p/v). Tª ensayo= 25 °C..... 23
Figura 8. Viscosidad aparente (mPa.s) de almidón de papa china a diferentes gradientes de cizalladura (s^{-1})..... 24
Figura 9. Microscopía óptica de almidón papa china teñida con Lugol..... 25
Figura 10. Microscopía electrónica de barrido (SEM) de almidón de papa china 25

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Acidez titulable……..……9
Ecuación 2 Índice de madurez……...…….10
Ecuación 3 Materia seca……...……...…11
Ecuación 4 Humedad……...……11
Ecuación 5 Cenizas……...……...11
Ecuación 6 Lípidos……...……...12
Ecuación 7 Densidad……...……....13
Ecuación 8 Capacidad de retención de agua……..…….……...….13
Ecuación 9 Solubilidad……...…….13
Ecuación 10 Poder de hinchamiento……...……...…….13
Ecuación 11 Pérdida de peso……...……15
Ecuación 12 Acidez titulable……...……15
Ecuación 13 Ecuación de orden cero……..……16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Diagramas de flujo de la fase experimental…….……41
Figura A 1. Diagrama de flujo para la extracción de almidón de papa china (Colocasia esculenta) ……...…….42
Figura A 2. Diagrama de flujo para la preparación del recubrimiento de almidón……..…43
Figura A 3. Diagrama de flujo para la aplicación del recubrimiento comestible en fresa…… 44
Anexo B. Fotografías de la fase experimental……..…..45
Anexo C. Análisis estadístico para las propiedades fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento…….…...49
Tabla C 1. Análisis de varianza para pérdida de peso (%) en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento…….……..50
Tabla C 2. Prueba Tukey HSD para pérdida de peso (%). Método: 95,0 %.....50
Tabla C 3. Análisis de varianza para SST (Brix) en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento……..……..…..50
Tabla C 4. Prueba Tukey HSD para SST. Método: 95,0 %.....50
Tabla C 5. Análisis de varianza para pH en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento……51
Tabla C 6. Prueba Tukey HSD para pH. Método: 95,0 %.....51
Tabla C 7. Análisis de varianza para acidez titulable en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento ……..…...…51
Tabla C 8. Prueba Tukey HSD para acidez titulable. Método: 95,0 %.....51
Anexo D. Ecuaciones de pérdida de peso para determinar el tiempo de vida útil ……..……52
Figura D 1. Ecuaciones de pérdida de peso durante el almacenamiento de la fresa del tratamiento T2 y del control ……...……....53
Anexo E. Valores de viscosidad aparente (μ, mPa.s)……..……54
Tabla E 1: Valores para determinar el comportamiento de la solución de almidón de papa china
Anexo F. Resultados del análisis de proteína y fibra dietética……55

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott). Para ello se realizó la caracterización fisicoquímica de la papa china, la determinación de la composición proximal y propiedades funcionales del almidón, y el desarrollo de un recubrimiento a base de almidón de papa china, sorbitol (2 %), sorbato de potasio (0,02 %) y ácido cítrico (0,5 %). Se utilizó un diseño experimental 2^2 para evaluar el porcentaje de almidón (A_0: 1 y A_1: 2 %) y el tiempo de inmersión (B_0: 5 y B_1: 10 min) en la calidad fisicoquímica de la fresa recubierta, y almacenada a 4 ± 1 °C durante 16 días. La papa presentó un peso promedio de 149,4 g, diámetro longitudinal de 6,8 cm, y contenido de almidón del 8,95 %. El almidón presentó un tamaño de gránulo entre 1,48 y 2,58 μm, humedad del 8,57 %, proteína del 2,18 %, contenido de fibra dietética del 6,15 % y temperatura de gelatinización 70,5 °C. El mejor recubrimiento fue el tratamiento T2 (1 % de almidón y 10 min de inmersión) obteniendo una menor en la pérdida de peso de la fresa al final del almacenamiento, con una vida útil de aproximadamente 7 días. Se concluyó que la aplicación del recubrimiento proporciona una barrera semipermeable al vapor de agua, retardando la pérdida de peso por deshidratación de la fresa, y evidenciando el potencial del almidón de papa china en la elaboración de recubrimientos comestibles.

Palabras clave: Frutas, papa china, conservación de frutas, carbohidratos, atmósferas modificadas, vida útil de alimentos

ABSTRACT

The aim of this research was to develop an edible coating for strawberry (*Fragaria x ananassa* Duchesne) based on taro starch (*Colocasia esculenta* Schott). For this, physicochemical characterization of the corm, the determination of the proximal composition and functional properties of the starch, and the development of a coating based on taro starch, sorbitol (2 %), potassium sorbate (0.02 %) and citric acid (0.5 %). An experimental design 2^2 was applied to evaluate the percentage of starch (A_0: 1 and A_1: 2 %) and the immersion time (B_0: 5 and B_1: 10 min) in the physical-chemical quality of the coated strawberry, packed in containers of polyethylene terephthalate, and stored at 4 ± 1 °C for 16 days. The potato presented an average of 149.4 g weight, 6.8 cm longitudinal diameter and 4.1 cm equatorial, and 8.95 % starch content. Starch had a granule size between 1.48 and 2.58 μm, 8.57 % moisture content, 2.18 % protein content, 6.15 % dietary fiber and a gelatinization temperature of 70.5 °C. The best coating was the T2 treatment (1 % starch and 10 min immersion) obtaining a lower weight loss of the strawberry at the end of storage, with a shelf life of approximately 7 days. It was concluded that the application of the coating provides a semi-permeable barrier to water vapor, retarding the strawberry fruit weight loss due to dehydration, and evidencing the potential of taro starch in edible coating manufacturing.

Keywords: Fruits, Chinese potatoes, fruit preservation, carbohydrates, modified atmospheres, food shelf life

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne), una fruta prominente que se cultiva en la Provincia de Tungurahua y, se caracteriza por su alto contenido nutricional. Esta fruta es parte de la canasta familiar; y se comercializa a nivel local y nacional, inclusive el 12 % de su producción se dedica a la exportación **(Vizcaíno, 2011)**. Entre las principales variedades de fresa que se cultivan en el país se mencionan: Diamante, Oso Grande, Monterrey y Albión. Esta última variedad es la que se cultiva en el sector de Huachi Chico, cultivo que ha reemplazado a los tradicionales sembríos de manzanas, peras, ciruelas claudias y duraznos. Por sus condiciones fisiológicas son susceptibles a pérdidas de humedad y principalmente el ataque de microorganismos, los cuales ocasionan mermas durante el transporte y comercialización **(Restrepo y Aristizábal, 2010)**.

Una técnica muy adecuada para mantener la calidad o extender la vida útil de las frutas frescas es la utilización de películas o recubrimientos comestibles. Un recubrimiento es una matriz continua y delgada que generalmente forma una estructura alrededor del alimento por inmersión del mismo en una solución conformada por un polisacárido, un compuesto proteico o lípidico o por una mezcla de los anteriores **(Domínguez y Jiménez, 2012)**. Estos compuestos se usan principalmente para disminuir el intercambio gaseoso entre el medio ambiente y el alimento, reduciendo la tasa de pérdida de humedad **(Quintero et al., 2010)**. Las películas se usan principalmente para extender la vida de anaquel, a través de la protección de daños mecánicos, reducir la respiración y transpiración (O_2, CO_2 y H_2O) y proporcionar una barrera al oxígeno, ayudando a prevenir los cambios físicos, químicos, microbiológicos y fisiológicos **(Rutiaga, 2002)**.

Una materia prima extensamente utilizada para la elaboración de recubrimientos comestibles es el almidón (**Domínguez & Jiménes, 2012**). El almidón es considerado un producto prometedor debido a sus excelentes propiedades en la formación de películas o recubrimiento, su bajo precio y alta disponibilidad. Este polisacárido es el segundo componente de gran abundancia en la naturaleza y tiene muchas aplicaciones en la industria alimentaria, textil, farmacéutica y papelera. Las principales fuentes de almidón son: el maíz, la papa, el plátano o la yuca, entre otros **(López, 2011)**.

De otro lado, la papa china (*Colocasia esculenta* Schott) es considerada una fuente de almidón (18 a 30 %). Este cormo o tallo engrosado se cultiva en las provincias de Pastaza, Morona Santiago, Santo Domingo de los Tsáchilas y en otras de la sierra **(Mendoza, 2014)**. La papa china sirve para el consumo y subsistencia de muchas familias, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales de Ecuador; y comercialmente se la destina también a la exportación como un producto de calidad, debido a su alta digestibilidad **(Torres et al., 2013)**

En consecuencia, la presente investigación plantea una alternativa tecnológica de aprovechamiento del almidón de papa china como un recubrimiento comestible para la fresa, lo cual permitiría potenciar el cultivo y el procesamiento del cormo, y mantener la calidad nutritiva, sensorial y microbiológica de la fruta.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

"Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca"

1.2 Justificación

Actualmente, los cambios de estilo de vida, así como la importancia de ingerir alimentos saludables han causado un incremento de la demanda de alimentos listos para consumir (*ready to eat*), y las frutas frescas son una buena alternativa para cubrir dicha demanda. La Organización de Naciones Unidas ha recomendado el consumo de, al menos, cinco porciones al día de frutas y/o vegetales para disminuir enfermedades crónicas como: diabetes, problemas cardíacos y diversos tipos de cáncer **(Mardones et al., 2009)**. También, la ingesta de frutas aporta nutrientes como vitaminas, fibra y minerales. La fresa es una fuente de compuestos bioactivos como vitaminas C y E, y compuestos fenólicos como antocianinas, responsables del color de la fresa y, beneficiosos para la salud ya que poseen una gran actividad antioxidante **(Van De Velde et al., 2013)**.

Sin embargo, la fresa es un fruto muy perecedero y generalmente se deteriora entre 3 y 5 días después de la cosecha en condiciones ambientales debido a su alta tasa de respiración y su susceptibilidad al hongo *Botritis cinerea;* por ende, se hace necesario la búsqueda de nuevas tecnologías para reducir el deterioro producido por microorganismos y la pérdida de los atributos sensoriales; lo cual ha despertado la necesidad de buscar nuevos sistemas naturales de conservación.

En base a lo antes mencionado la presente investigación busca una alternativa para reducir los desperdicios postcosecha y prolongar el tiempo de vida útil, beneficiando a los cantones productores de fresa de la provincia. También se busca desarrollar un recubrimiento comestible a base de un tubérculo nativo poco explotado en el país como es la papa china. Los recubrimientos ya existentes tienen un alto costo debido a sus componentes, por tanto, el trabajo propuesto es una alternativa nueva y económica que promoverá el cultivo, el procesamiento y la comercialización de la fresa. La utilización de almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) para esta finalidad es una

iniciativa que va en esta dirección, ya que se caracteriza por ser un tubérculo muy abundante, de bajo precio y principalmente caracterizado por su alto contenido de carbohidratos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca mediante análisis fisicoquímicos.
- Determinar la composición proximal y las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca.
- Desarrollar un recubrimiento comestible en base a almidón de papa china, sorbitol, sorbato de potasio y ácido cítrico.
- Evaluar el efecto del recubrimiento comestible en la calidad fisicoquímica de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) almacenada a 4 ±1 ºC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) es una planta perenne, perteneciente a la familia Rosaceae del género Fragaria, propia de las zonas andinas. En Ecuador, la fresa se cultiva casi todo el año y se encuentra a lo largo del callejón interandino, siendo la provincia de Pichincha la que lidera la superficie dedicada a su producción con 400 ha, seguida de la provincia de Tungurahua con alrededor de 240 ha **(Beltrán, 2010)**.

El fruto de la fresa es una baya, y se forma por el engrosamiento del receptáculo floral, formado por muchas semillas (fruto múltiple). Sin embargo, la fresa es considerada un falso fruto, debido a que sus verdaderas frutas o aquenios (Figura 1) se encuentran sobre la parte exterior unido por unas conexiones vasculares **(Alcántara, 2009)**.



Figura 1. Fresa (Fragaria x ananassa *Duchesne)*

La fruta se caracteriza por su alto contenido de vitamina C y minerales; además, contiene antioxidantes y ácidos orgánicos, principalmente el elágico que inhibe células cancerígenas **(Restrepo et al., 2010)**. Además, la fresa es un fruto muy perecedero debido a su alta tasa de respiración y su susceptibilidad al hongo *Botrytis cinerea* **(López et al., 2012)**. Por ende, se hace necesario la búsqueda de nuevas tecnologías de conservación para reducir el deterioro producido por los microorganismos y la pérdida de los atributos sensoriales y nutricionales del alimento; entre las nuevas tendencias se

mencionan: envasado activo e inteligente, la nanotecnología, atmósferas modificadas y el desarrollo de recubrimientos comestibles **(Morata, 2010)**.

De otro lado, la papa china (*Colocasia esculenta* Schott) conocida también como macal, quiscamote, otó, okumo, malanga, ocumo chino, pituca o taro (Figura 2), es considerado uno de los frutos de raiz más cultivados en las zonas tropicales de Ecuador. Entre las principales variedades de papa china se mencionan la blanca y morada **(Aldaz, 2011)**. Este cormo es importante en la alimentación humana y animal, pues se le considera como un alimento muy atractivo por su alto contenido de materia seca (entre 30 y 40 %), proteína (1,7 %) y fibra natural (1 %); cuya ingesta ayuda a la limpieza del tracto digestivo, y no causa problemas a la salud de los celíacos debido a que no contiene gluten **(Trujillo, 2015).**



Figura 2. Papa china *(*Colocasia esculenta *Schott)*

Según **Morales (2012)**, la papa china posee un alto contenido de carbohidratos (almidón 77 %, pentosa 2,6 %, dextrina 0,5 %, azúcares reductores 0,5 % y sacarosa 0,1 %), proteína cruda 1,4 %, vitaminas (tiamina, riboflavina y niacina) y minerales (calcio, fósforo y hierro). Químicamente, el almidón está formado por dos polisacáridos: amilosa y amilopectina. La amilosa es una cadena lineal formada por unidades de D-glucosa unidas al enlace α-(1-4); mientras que la amilopectina constituye la mayor parte del almidón, entre 70 y 80 %, presenta forma ramificada, contiene cadenas α-D-glucopiranósidos unidos a enlaces α-(1-4) y enlaces α-(1-6), y determina las propiedades funcionales del almidón **(Espinosa, 2008)**.

El almidón presenta poca resistencia al agua y pobres propiedades mecánicas y de barrera debido su naturaleza hidrofílica; no obstante, este polisacárido es utilizado como recubrimiento con la adición de un plastificante para mejorar sus propiedades **(Rutiaga, 2002)**. Entre los plastificantes más utilizados se citan: glicerol, sorbitol y polietilenglicol, debido a que sus grupos hidroxilos brindan un efecto plastificante **(Ortega, 2016)**.

El uso del almidón está determinado por sus propiedades fisicoquímicas, como la composición proximal (proteína, lípidos, fibra, materia seca, cenizas y humedad); y las características del gránulo (tamaño, forma, naturaleza cristalina, peso molecular y contenido de amilosa) **(Yungan, 2015)**. Mientras que las propiedades funcionales como viscosidad, resistencia al corte, gelatinización, textura, solubilidad, poder de hinchamiento y retrogradación están relacionadas con el contenido de amilosa y amilopectina **(Villaseñor, 2015)**.

En la Figura 3 se presentan las fuentes utilizadas en la elaboración de recubrimientos, en la que se destaca la utilización del almidón. Diversos estudios señalan la elaboración de recubrimientos comestibles en base a almidones nativos para frutas y hortalizas. Así, **Achipiz et al. (2013)**, mencionan un recubrimiento comestible de 4 % de almidón en guayaba con un tiempo de vida útil de 10 días, presentando características fisicoquímicas (textura y pérdida de peso) favorables. **Barco et al. (2011)**, evaluaron el efecto del almidón de yuca modificado al 4 % durante la maduración de tomate, resultando en un retardo de la pérdida de peso, tasa de respiración y sólidos solubles, e incrementando la vida útil por 4 días.

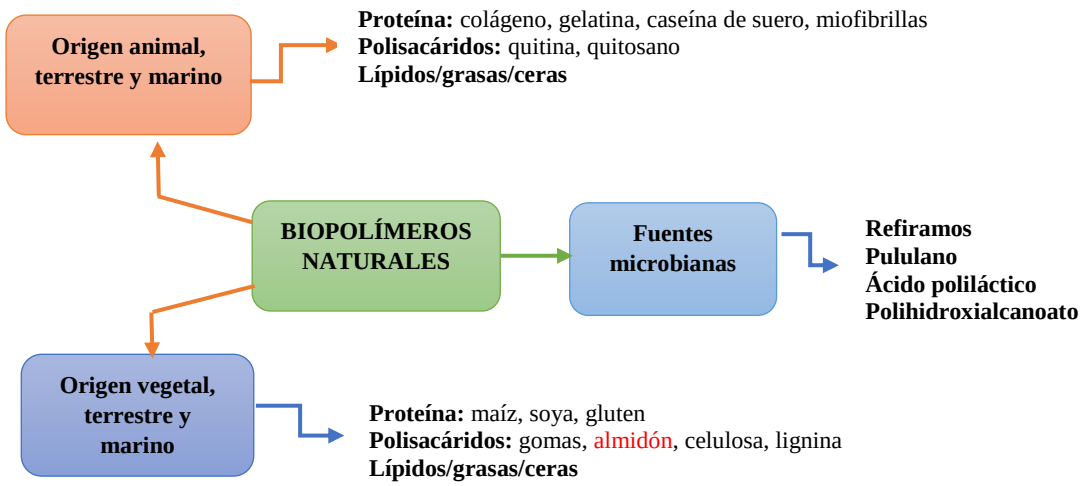


Figura 3. Fuentes utilizadas en la elaboración de recubrimientos comestibles **(Arancibia, 2014)**

También se ha desarrollado un recubrimiento comestible para fresa a base de almidón de maíz (2 %), sorbitol (2 %), aceite de girasol (0,2 %) y sorbato de potasio (0,02 %), obteniéndose un retraso en el proceso de senescencia y en la pérdida de calidad, lo cual logró incrementar la vida útil de la fresa hasta 14 días en almacenamiento refrigerado **(García et al., 2001)**. **López et al. (2012)** estudiaron el uso de quitosano como recubrimiento en la reducción microbiana y la conservación de la calidad de fresa, siendo el más efectivo la mezcla quitosano al 1 % y aceite de canela al 0,1 %, incrementando la vida útil hasta 15 días a 5 ºC. Además, se mantuvo el contenido de fenoles y la capacidad antioxidante, lo cual redujo la actividad microbiana.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis nula (H_o)

El porcentaje de almidón de papa china y el tiempo de inmersión no influyen en las características fisicoquímicas de la fresa.

2.2.2 Hipótesis alternativa (H_a)

El porcentaje de almidón de papa china y el tiempo de inmersión influyen en las características fisicoquímicas de la fresa.

2.3 Señalamiento de las variables

2.3.1 Variables independientes

- Porcentaje de almidón de papa china
- Tiempo de inmersión

2.3.2 Variables dependientes

Características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento

- Pérdida de peso
- Sólidos solubles totales (SST)
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Acidez titulable (AT)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materia prima

La papa china de la variedad blanca, se adquirió en el mercado del Cantón Baños, Provincia de Tungurahua, mientras que la fresa de la variedad Albión, proveniente de la parroquia Salasaka, fue recolectada en las mañanas bajo condiciones adecuadas de manejo para evitar su contaminación y maltrato. La fresa se cosechó con un estado de madurez que corresponde a una coloración 4 y 5, considerando la tabla de color de **Alcántara (2009)** (Figura 4). Finalmente, las materias primas fueron transportadas a los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato para su respectivo análisis y procesamiento.

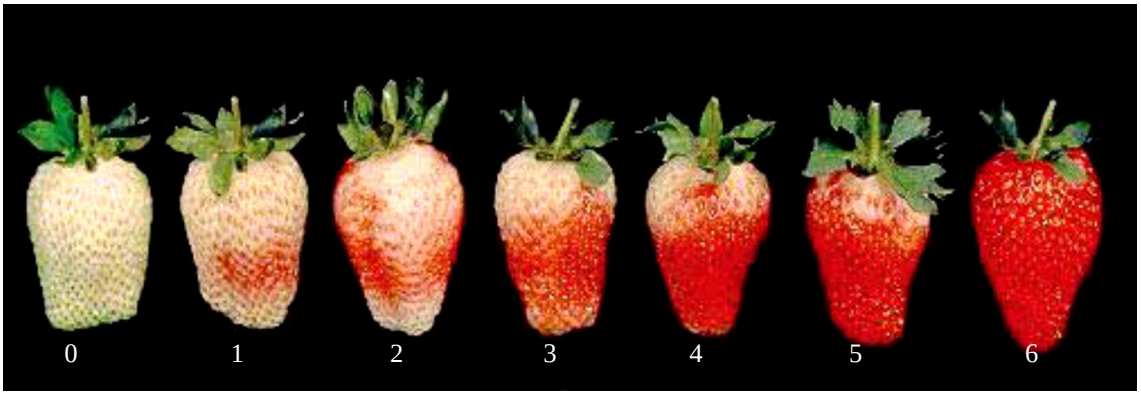


Figura 4. Tabla de color de la fresa según el estado de madurez **(Alcántara, 2009)**

3.1.2 Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N
- Hexano (C_6H_{14})
- Sorbitol
- Hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$)
- Lugol
- Metabisulfito de sodio ($Na_2S_2O_5$)
- Sorbato de potasio ($C_6H_7K0_2$)

3.1.3 Equipos

- Centrífuga (ROTINA 380)
- Balanza analítica (Citizon C x 220)
- Estufa de secado (Memmert)
- Medidor de actividad de agua AquaLab (4TE)
- Horno Mufla (Nabertherm)
- Espectro colorímetro (Lovibond LC 100)
- Secador GANDER MTM con corriente de aire
- Viscosímetro rotacional Químis(Q860M26)
- Extractor de grasa (VelP® Scientifical)
- Titulador automático METTER TOLEDO (G20- Tritator compact)

3.2 Métodos

3.2.1 Caracterización fisicoquímica de la papa china

3.2.1.1 Peso

Para la determinación del peso individual de la papa china se utilizó una balanza Light Tx-2000 con precisión de 0,1 g. Se realizaron cuatro mediciones.

3.2.1.2 Tamaño

Para la determinación del tamaño de la papa se midió el diámetro longitudinal (A) y ecuatorial (B) mediante un calibrador (pie de rey), como se indica en la Figura 5. Se realizaron cuatro mediciones.

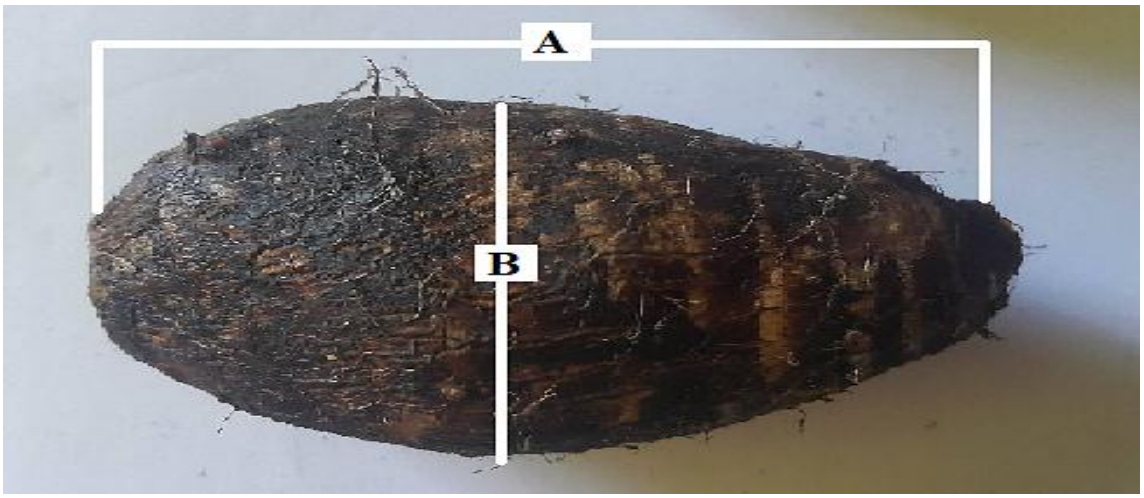


Figura 5. Diámetro longitudinal (A) y diámetro ecuatorial (B)

3.2.1.3 Color

La medición del color externo (cáscara) e interno (pulpa) de la papa china (Figura 6), se realizó con un espectrocolorímetro (Lovibond LC 100). Para esto, se cortó el cormo longitudinalmente y se obtuvieron lecturas directas tanto de la parte externa como interna por triplicado de las coordenadas del espacio de color de la CIE: L* (luminosidad), a* (rojo/verde), b* (amarillo/azul), C* (cromaticidad), y H° (ángulo Hue), empleando un iluminante D65 y un ángulo de observación de 10°.

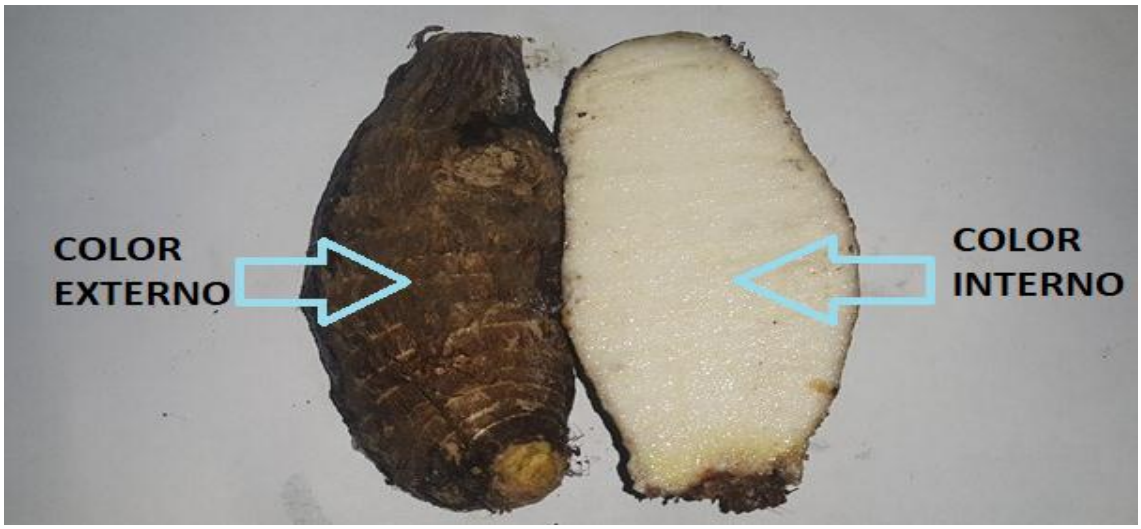


Figura 6. Color externo e interno de la papa china

3.2.1.4 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable (% acido oxálico)

La determinación de pH se realizó mediante la metodología descrita por la norma NTE INEN-ISO 1842 **(INEN 2013b)** y la acidez titulable de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 750 **(INEN 2013a)**. Ambos análisis se realizaron con el titulador automático METTLER TOLEDO (G20- Titrator compact). Para esto, se pesaron 5 g de muestra y se completó con agua destilada hasta 50 g, luego se tituló con una solución de NaOH 0,1 N. Se registró el valor de pH y el volumen de NaOH gastado. La acidez titulable se expresó en porcentaje de ácido oxálico presente en la muestra y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$A = V * 2 * F \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

A = acidez titulable en porcentaje de ácido específico (% ácido oxálico/100 g de muestra)
V = volumen de solución de NaOH 0,1 N empleado en la titulación (ml)
F = factor de acidez del ácido oxálico (0,045) **(INEN 2013a)**

3.2.1.5 Sólidos solubles (°Brix)

Los sólidos solubles se determinaron de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 2173 **INEN (2013c)**. Se realizó la medición de sólidos solubles del filtrado de una muestra triturada con el empleo de un refractómetro digital ATAGO® Pocket-Japón.

3.2.1.6 Índice de madurez

El índice de madurez se determinó de acuerdo a la norma NTE INEN **(INEN 2015)**, y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Solidos solubles (°Brix)}}{\text{Acidez titulable}} \qquad \text{Ecuación 2}$$

3.2.1.7 Actividad de agua (aw)

La aw se determinó mediante el medidor de actividad de agua AquaLab (4TE). Para ello, se calibró el equipo con agua destilada hasta obtener un valor de aw 1,00; posteriormente se colocaron 2 g aproximadamente de papa china en el interior del AquaLab, y se obtuvo el valor de aw en la pantalla del equipo.

3.2.2 Extracción de almidón de papa china

Para la extracción de almidón se utilizaron muestras de papa china de la variedad blanca y se aplicó la metodología de **Ortega (2016)**. Así, la papa china se peló y se cortó en cubos de 2 a 3 cm, mismos que se colocaron en una solución de $Na_2S_2O_5$ 0,5 % (p/v) para controlar el pardeamiento enzimático y el crecimiento microbiano del producto. Para la eliminación del mucílago, los cubos de papa china se colocaron en una solución de Ca $(OH)_2$ 0,5 % (p/v) durante 30 min, y luego se realizó un lavado con agua de llave (3 veces). Posteriormente, los cubos se trituraron en una licuadora industrial (Equi-AL) durante 30 seg. Se filtró con adición de agua de llave (relación 1:1) hasta obtener un líquido transparente. El filtrado se dejó en reposo, y el sobrenadante se eliminó. El almidón húmedo se colocó en una estufa a 40 ± 1 ºC durante 24 h. Luego el almidón seco se homogeneizó en un molino (M20 KIKA® - Werke), se tamizó y finalmente se almacenó en fundas herméticas. En el Anexo A, Figura A1 se presenta el diagrama de flujo para la extracción del almidón.

3.2.2 Análisis fisicoquímico del almidón de papa china

3.2.2.1 Materia seca y humedad

El contenido de materia seca se determinó mediante la metodología propuesta por **ICONTEC (2002).** Se pesaron 3 g de muestra de almidón en una cápsula vacía y tarada, y se secó en la estufa a 80 ± 1 °C durante 24 h hasta obtener un peso constante. Posteriormente, se enfrió en un desecador y se procedió a su pesaje. Los ensayos se realizaron por duplicado. El contenido de materia seca y humedad se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ materia seca} = \frac{(p_3 - p_1)}{(p_2 - p_1)} * 100 \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

p_1 = peso de la cápsula (g)
p_2 = peso de la muestra + cápsula (g)
p_3 = peso de la capsula + muestra seca (g)

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ materia seca} \qquad \text{Ecuación 4}$$

% H = porcentaje de humedad

3.2.2.2 Cenizas

El contenido de cenizas se determinó según la norma NTE INEN-ISO 3593 **(INEN 2014a).** Se pesaron aproximadamente 3 g de muestra de almidón en un crisol vacío y tarado, y se realizó una preincineración en una cocineta hasta que la muestra estuvo carbonizada. Posteriormente, se colocó el crisol con la muestra en la mufla (Nabertherm) a 650 °C durante 4 h. El crisol se colocó en un desecador hasta su enfriamiento a temperatura ambiente, tras lo que se pesó. Los ensayos se realizaron por duplicado.

Cálculo:

$$\% \text{ Cenizas} = m_1 * \frac{100}{m_0} \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

m_0 = es la masa de la porción de ensayo (g);
m_1 = es la masa del residuo tras la incineración (g).

3.2.2.3 Lípidos

El contenido de grasa se determinó en un equipo Soxhlet siguiendo la norma NTE INEN-ISO 3947 **(INEN 2014b)**. Se pesaron 5 g de almidón en un capuchón, luego se tapó la parte superior del capuchón con algodón, después se conectó al extractor de grasa (SER 148 VelP® Scientifical), se agregaron 50 ml de hexano en un vaso y finalmente se colocó en el equipo. La grasa de la muestra se extrajo durante 4 horas por proceso de ebullición y lavado. Finalmente, se recuperó el disolvente y se pesó la grasa presente en el vaso. Los ensayos se realizaron por duplicado y los resultados se obtuvieron mediante la siguiente ecuación:

Cálculo:

$$\% \text{ Lípidos} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} * 100 \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

m_0 = masa de la porción de ensayo a analizar (g);
m_1 = masa del recipiente de extracción vacío (g);
m_2 = masa del recipiente y del residuo graso después del secado (g).

3.2.2.4 Proteína

La determinación de proteína se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, LACONAL, mediante el método 2011.11 de la **AOAC (2016a)**.

3.2.2.5 Fibra

La determinación de fibra se realizó en LACONAL, mediante el método 985.29 de la **AOAC (2016b)**.

3.2.2.6 Densidad aparente de almidón suelto

La densidad aparente se determinó mediante la metodología descrita por **Aristizábal y Sánchez (2007)**, para lo cual se pesó una probeta de 50 ml y posteriormente se añadió almidón hasta alcanzar 20 ml. La probeta con la muestra se pesó en una balanza analítica (Citizon C x 220) y por diferencia se obtuvo el peso de la muestra. El cálculo de la densidad aparente de almidón suelto se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$D_a = \frac{m}{v}$$ Ecuación 7

Donde:

D_a = densidad aparente (g/ml)
m = peso del almidón (g)
v = volumen del sólido (ml)

3.2.3 Propiedades funcionales del almidón de papa china

3.2.3.1 Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización del almidón se determinó, por duplicado, de acuerdo a la metodología descrita por **Aristizábal y Sánchez (2007)**. Se pesaron 10 g de almidón y se completó con agua destilada hasta 100 ml. Se tomaron 50 ml de la solución, se colocó en baño María a 85 ± 1 ºC y se agitó hasta su estabilización, midiendo la temperatura al momento que se produjo la gelatinización con un termómetro de mercurio.

3.2.3.2 Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH)

La CRA, S y PH se determinaron por duplicado de acuerdo la metodología descrita por **Anderson et al. (1970)**. Se preparó una solución de 1,25 g de almidón con 30 ml de agua destilada en tubos de centrífuga y se colocó en un baño María a diferentes temperaturas (50, 60, 70 y 80 ºC). Posteriormente se centrifugó a 4900 rpm por 30 min; el sobrenadante se decantó en una probeta y se registró el volumen. Se tomaron 10 ml del sobrenadante y se colocó en la estufa a 70 ± 1 ºC durante un periodo de 24 h, al cabo del cual se pesó el gel. La CRA, S y PH se calcularon utilizando las Ecuaciones 8, 9 y 10, respectivamente.

Cálculos:

$$CRA = \frac{\text{peso gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}}$$ Ecuación 8

$$S = \frac{\text{peso solubles (g)} * V * 10}{\text{peso muestra(g)}}$$ Ecuación 9

$$PH = \frac{\text{peso gel (g)}}{\text{peso muestra (g) - peso solubles (g)}}$$ Ecuación 10

3.2.3.3 Viscosidad

La viscosidad se determinó por duplicado mediante la metodología descrita por **Aristizábal y Sánchez (2007)**. Se pesaron 25 g de almidón y se completó con agua destilada hasta 500 ml, se sometió a ebullición, se enfrió a 25 ± 1 ºC y se midió la viscosidad mediante el viscosímetro rotacional de medición relativa Quimis Q860M26, empleando el usillo # 4.

3.2.3.4 Microscopía óptica

La observación morfológica del almidón se realizó con un microscopio óptico, en base a la metodología descrita por **Pinho et al (2014)** y citada por **Lalaleo (2017)**. Se preparó una solución de almidón (100 mg de almidón con 5 ml de agua destilada), y se colocó una gota de solución de almidón, una gota de lugol y una gota de aceite de inmersión. Las observaciones se realizaron con el lente de inmersión 100 x.

3.2.4 Preparación y aplicación del recubrimiento comestible

3.2.4.1 Preparación del recubrimiento a base de almidón de papa china

El recubrimiento comestible se preparó según la metodología descrita por **Paredes (2017)**. Para la elaboración del recubrimiento al 1 % de almidón, se utilizó almidón de papa china a una concentración de 1 % (p/v) disuelta en agua y se agregó ácido cítrico a una concentración de 0,5 % (p/v) y sorbato de potasio al 0,02 % (p/v). La disolución se calentó a una temperatura de 90 ± 1 ºC durante 5 min, con agitación constante a 200 rpm. Posteriormente, se redujo la temperatura a 70 ± 1 ºC y se añadió un 2 % de sorbitol (v/v). Finalmente, la solución se homogeneizó durante 5 min. Para la preparación del recubrimiento al 2 % de almidón, se procedió de manera similar. En el Anexo A, Figura A 2 se presenta el diagrama de flujo para la preparación del recubrimiento comestible.

3.2.4.2 Aplicación del recubrimiento comestible en fresa

El recubrimiento comestible se aplicó utilizando la metodología descrita por **Paredes (2017)**. Para esto, se realizó la inmersión de la fresa en el recubrimiento durante 5 o 10 min, de acuerdo al diseño experimental. Luego, la fresa se colocó en un secador GANDER MTM con aire circulante a 21 ± 1 ºC durante 45 min. Posteriormente, muestras de 200 g de fresa se colocaron en envases de tereftalato de polietileno (PET) perforado y se almacenaron en refrigeración a 4 ± 1 ºC hasta que presentaron signos

visuales de deterioro microbiológico y marchitamiento. En el Anexo A, Figura A 3 se presenta el diagrama de flujo para la aplicación del recubrimiento comestible en fresa.

3.2.5 Características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración

Las características fisicoquímicas (pérdida de peso, sólidos solubles, pH y acidez titulable) de la fresa con recubrimiento, bajo condiciones de refrigeración a 4 ± 1 ºC y durante 16 días, se evaluaron cada 2 días. Se midieron por duplicado, hasta que la fresa presentó un deterioro microbiológico evidente (presencia de hifas de hongo).

3.2.5.1 Pérdida de peso

La pérdida de peso se determinó mediante el método descrito por **Barco et al. (2011)**, y se calculó mediante la Ecuación 11.

$$\% \text{ Pp} = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100 \qquad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

Pp = pérdida de peso relativa al peso inicial (%)
p_i = peso inicial (g)
p_f = peso final (g)

3.2.5.2 Sólidos solubles totales (°Brix)

Los sólidos solubles totales se determinaron mediante la norma NTE INEN-ISO 2173 **INEN (2013c)**. La medición de sólidos solubles del extracto de una muestra se efectuó presionando la fruta con una gasa y mediante un refractómetro digital ATAGO® Pocket-Japón con compensación automática de temperatura.

3.2.5.3 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable (% ácido cítrico)

La determinación de pH y acidez titulable se realizó utilizando la misma metodología descrita anteriormente para su determinación en papa china. La acidez titulable se expresó en porcentaje de ácido cítrico presente en la fruta y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$A = V * 2 * F \qquad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

A = acidez titulable en porcentaje de ácido específico (% ácido cítrico/100 g de muestra)
V = volumen de solución de NaOH 0,1 N empleado en la titulación (ml)
F = factor de acidez del ácido cítrico (0,064) **(INEN 2013a)**

3.2.5.5 Determinación del tiempo de vida útil

El tiempo de vida útil de la fresa se determinó mediante el método propuesto por **Alvarado (1996)**. Esto involucró determinar la pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento. Para ello se estableció que el límite de vida útil fuese el tiempo transcurrido hasta alcanzar un 6 % de pérdida de peso, de acuerdo a lo reportado por **Beltrán (2010)**.

$$\% PP = \% PPo + k\, t \qquad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

% PP = parámetro de pérdida de peso escogido como límite de tiempo de vida útil (%)
% PPo = pérdida de peso al tiempo inicial (%)
t = tiempo de almacenamiento (días)
k = constante de velocidad de reacción (%/días)

3.3 Diseño experimental

Se aplicó un diseño factorial de dos factores con dos niveles cada uno: porcentaje de almidón en el recubrimiento (1 y 2 %) y tiempo de inmersión de la fruta en la solución filmogénica (5 y 10 min) resultando en un experimento factorial completo 2^2 (Tabla 1). Las combinaciones de este experimento, conjuntamente con un tratamiento control sin recubrimiento se muestran en la Tabla 2. Se consideraron como variables de respuesta la pérdida de peso, SST, acidez titulable (% ácido cítrico) y pH de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Tabla 1: Factores y niveles controlados en la elaboración de recubrimientos comestibles.

Factor		**Niveles**
A	**Almidón (%)**	A_0: 1
		A_1: 2
B	**Tiempo de inmersión (min)**	B_0: 5
		B_1: 10

Tabla 2: Tratamientos empleados en la elaboración del recubrimiento comestible.

Tratamientos	Código	Combinación
T0	C	Control sin recubrimiento
T1	A_0B_0	Almidón 1 %, inmersión 5 min
T2	A_0B_1	Almidón 1 %, inmersión 10 min
T3	A_1B_O	Almidón 2 %, inmersión 5 min
T4	A_1B_1	Almidón 2 %, inmersión 10 min

Análisis Estadístico

Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y test de comparación de medias de Tukey (α=0,05), utilizando los paquetes informáticos Excel y Statgraphics Centurión XV II.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y discusión de los resultados

4.1.1 Caracterización de la fresa

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de la fresa como SST, acidez titulable, pH, índice de madurez, largo, y diámetro mayor y menor.

Tabla 3: Caracterización fisicoquímica de la fresa fresca

Parámetros	Fresa[1]
SST (°Brix)	7,55 ± 0,49
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,94 ± 0,08
pH	3,30 ± 0,06
Índice madurez (°Brix/ácido titulable)	8,08 ± 0,14
Largo (cm)	3,93 ± 0,08
Diámetro mayor (cm)	2,62 ± 0,01
Diámetro menor (cm)	2,12 ± 0,01

[1]Los valores son la media de n= 3 mediciones ± desviación estándar.

En la Tabla 3 se observa que los valores de los parámetros señalados fueron similares a los reportados por diversos estudios. Así, **Alcántara (2009)** señala SST entre 4,6 y 11,9 °Brix, pH entre 3,18 y 4,10, y acidez titulable entre 0,50 y 1,87 % para fresa (*Fragaria x ananassa)*. **Maccapa (2015)**, indica para cuatro variedades de fresa, un contenido de SST entre 9,74 y 12,37 °Brix, acidez titulable entre 0,95 y 1, 33 %, y pH entre 3,37 y 3,46. Mientras que **Fánor et al. (2011)**, señalan el ancho de la fresa (*Fragaria* sp*)* entre 2,79 y 3,16 cm, y largo entre 2,86 y 3,58 cm.

4.1.2 Caracterización de la papa china

El peso del cormo (Tabla 4) fue similar a lo reportado por **Mendoza (2014)** quien señalo valores entre 30 y 450 g, y un diámetro longitudinal reportado por **Ferreira et al. (1990)** entre 20,21 y 32,83 cm. Según **Morales (2012)**, el desarrollo del cormo se debe a las condiciones del suelo y a los nutrientes utilizados durante su cultivo, factores que influyen en el tamaño y peso del cormo.

Tabla 4: Características fisicoquímicas de la papa china

Parámetros	Papa china[1]
Peso (g)	149,40 ± 9,38
Diámetro longitudinal (cm)	6,82 ± 0,97
Diámetro ecuatorial (cm)	4,18 ± 0,33
SST (°Brix)	3,15 ± 0,08
Acidez titulable (% ácido oxálico)	0,07 ± 0,01
pH	6,44 ± 0,04
Índice madurez (°Brix/ácido titulable)	41,88 ± 2,25
aw	0,993 ± 0,00

[1]Los valores son la media de n= 4 mediciones ± desviación estándar.

La aw 0,993 de la papa china corresponde a un alimento que contiene un alto porcentaje de agua libre, lo cual le hace susceptible a la proliferación de bacterias que se desarrollan en condiciones de actividad de agua entre 0,90 y 1,00 **(Acurio, 2010)**.

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los parámetros L*, a*, b*, C y H° del color externo e interno de la papa china. El parámetro L* de la parte externa presentó un valor de 37,23 que corresponde a un color relativamente oscuro, mientras que el color interno de 90,53 indica una cercanía al color blanco (100). El parámetro a*= 8,53 de la parte externa significa que posee una tendencia hacia el rojo; mientras que la parte interna, al presentar un valor -0,87, indica una tendencia hacia el verde. La coordenada amarilla/ azul de la parte externa (b*= 17,73) y la parte interna (b*= 11,13), indican una tendencia de la coloración hacia al amarillo.

Tabla 5: Color externo (cáscara) e interno (pulpa) de la papa china

Parámetro	Color externo[1]	Color interno[1]
L*	37,23 ± 1,15	90,53 ± 0,21
a*	8,53 ± 0,42	-0,87 ± 0,15
b*	17,73 ± 1,82	11,13 ± 0,12
C	19,73 ± 1,70	11,17 ± 0,15
H°	64,20 ± 2,34	94,30 ± 0,66

[1]Los valores son la media de n= 4 mediciones ± desviación estándar. L*: luminosidad; a* coordenada rojo/verde; b*: coordenada amarillo/azul; C: croma; H°: hue o tono

Los parámetros C y H° de la parte externa de la papa china corresponden al primer cuadrante, mientras que la parte interna se ubicó en el segundo cuadrante con una baja saturación, debido a su coloración blanquecina.

4.1.3 Rendimiento de almidón de papa china

Una vez extraído el almidón de la papa china por el método físico, se determinó el rendimiento de almidón seco (8,95 %) con respecto al peso de la pulpa (Tabla 6). Este valor fue inferior al obtenido por **Morales (2012)** con 21,8 % en base húmeda y 25 % en base seca para almidón extraído de papa china. Esta diferencia puede explicarse por los factores como la variedad del cormo y el método de extracción **(García et al., 2012)**.

Tabla 6: Rendimiento[1] de almidón de papa china.

Peso papa (g)	Peso cáscara (g)	Peso pulpa (g)	Almidón seco (g)	Rendimiento (%)
4237,75 ± 4,03	826,30 ± 0,28	3411,50 ± 0,42	305,44 ± 0,44	8,95 ± 0,01

[1]Los valores son la media de n= 2 mediciones ± desviación estándar.

4.1.4 Análisis fisicoquímico del almidón de papa china

En la Tabla 7 se presenta el análisis fisicoquímico del almidón extraído de papa china. El contenido de materia seca de almidón (91,43 %), fue similar al reportado por **Aristizábal y Sánchez (2007)**, quienes señalan que un almidón debe contener entre 87 y 90 % de materia seca, y que un valor menor a 87 % es indicativo de la presencia de microorganismos en el producto, mientras que un valor superior a 90 % es indicativo de que el tiempo de secado fue elevado.

Tabla 7: Análisis fisicoquímico del almidón de papa china

Parámetros	Resultados[1]
Materia seca (%)	91,43 ± 0,38
Humedad (%)	8,57 ± 0,38
Cenizas (%)	0,44 ± 0,03
Proteína (%)	2,18 ± 0,00
Fibra dietética total (%)	6,15 ± 0,00
Lípidos (%)	0,34 ± 0,65
Densidad aparente (g/ml)	0,582 ± 0,01

[1]Los valores son la media de n= 3 mediciones ± desviación estándar.

El contenido de humedad 8,57 % del almidón está dentro de lo permitido, pues humedades mayores a 14 % en harinas y almidones son susceptibles a la contaminación con microorganismos. También el valor concuerda con el reportado por **Aboubakar et al. (2008)**, quienes señalan un rango de humedad entre 8,2 y 9,6 % para almidón de seis variedades de papa china. No obstante, es menor al presentado por **Palomino et al.**

(2010) de 9,4 %. El contenido de humedad puede estar relacionado con el almacenamiento y las condiciones de secado del almidón **(Lalaleo, 2017)**.

El contenido de cenizas (0,44 %) en el almidón fue superior al reportado por **Torres et al. (2013)**, quienes determinaron un 0,27 % para papa china variedad blanca, y un 0,16 % para la variedad morada. El contenido de ceniza puede variar de acuerdo a la variedad, estado de madurez del cormo y el tipo de suelo **(Himeda et al., 2012)**.

La proteína presente en el almidón nativo fue de 2,18 %, valor ligeramente superior a los reportados por **Ríos (2014)** entre 1,62 y 2,00 % para tres variedades de papa china. Mientras que **Torres et al. (2013)** obtuvieron 1,5 % para la variedad blanca y 0,57 % para la morada. Además, **Aboubakar et al. (2008)** reportó valores entre 2,9 y 4,9 % para diferentes variedades de papa china.

El contenido de fibra dietética total del almidón fue de 6,15 %, similar al reportado por **Palomino et al. (2010)**, quienes reportaron 6,27 % para papa china. El contenido de fibra dietética fue superior a los reportados por **Torres et al. (2013)** para la variedad blanca y morada de 0,57 y 0,67 %, respectivamente. Estos resultados pueden deberse al método de extracción y al estado de madurez del cormo, pues a mayor madurez más elevado es el contenido de fibra **(Ríos, 2014)**.

El contenido total de lípidos (extracto etéreo) en el almidón fue de 0,34 %, valor similar al reportado por **Palomino et al. (2010)** de 0,33 % para papa china. Mientras que **Aboubakar et al. (2008)** reportaron un contenido de lípidos entre 0,30 y 1,17 % para seis variedades de papa china. Un alto contenido de lípidos puede afectar a las propiedades funcionales y provocar la rancidez de la grasa presente en el almidón.

La densidad aparente del almidón suelto fue de 0,582 g/ml, un valor bajo con respecto a la densidad aparente casi tres veces (1,560 g/ml) reportada por **Aristizábal y Sánchez (2007)** para almidón empacado. En este caso hay que tener en cuenta que el tamaño de partícula y su distribución granulométrica influyen de forma determinante en la densidad de alimentos granulados y polvos **(Alvarado, 1996)**.

4.1.5 Propiedades funcionales del almidón de papa china

4.1.5.1 Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización del almidón de papa china variedad blanca fue de 70,5 °C, temperatura que proporciona estabilidad interna al gránulo de almidón; lo cual se relaciona con la mayor presencia de zonas semicristalinas **(Torres et al., 2013; Yungan, 2015)**. Esta temperatura fue similar a la reportada por **Hernández et al. (2008)** de 72,5 °C para papa china. Sin embargo, **Torres et al. (2013)** determinaron 55 y 54 °C para la variedad blanca y morada, respectivamente. Según **Aboubakar et al. (2008)**, la temperatura de gelatinización para seis variedades de papa china osciló entre 55 y 65 °C. Estas temperaturas de gelatinización menores se relacionan con el pequeño tamaño del gránulo, lo cual impide una menor penetración de agua al interior del gránulo y, por lo tanto, menores temperaturas de gelatinización **(Miranda et al., 2013)**.

4.1.5.2 Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH)

En la Tabla 8 se muestra la CRA, S y PH del almidón de papa china a diferentes temperaturas. Los resultados de la CRA fueron similares entre 50 y 70 °C; sin embargo, a 80 °C se elevó drásticamente, lo cual podría estar correlacionado con la gelatinización del almidón (70,5 °C). En la gelatinización se rompen los puentes de hidrógeno, por lo tanto las moléculas de agua se unen a los grupos hidroxilo y el gránulo de almidón se expande **(Lalaleo, 2017)**. **Torres et al. (2013)** a una temperatura de 60 °C señalaron valores de 1,79 y 1,88 % para papa china variedad blanca y morada, respectivamente.

Tabla 8. Capacidad de retención de agua (g agua/g muestra), solubilidad (%) y poder de hinchamiento (g agua/g muestra) a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	CRA[1] (g agua/g muestra)	S[1] (%)	PH[1] (g agua/g muestra)
50 °C	2,00 ± 0,02	2,95 ± 0,01	2,03 ± 0,03
60 °C	2,02 ± 0,00	3,66 ± 0,00	2,05 ± 0,00
70 °C	2,11 ± 0,01	4,45 ± 0,12	2,14 ± 0,00
80 °C	9,13 ± 0,12	7,84 ± 0,32	9,53 ± 0,11

[1]Los valores son la media de n= 2 mediciones ± desviación estándar. CRA: capacidad de retención de agua; S: solubilidad; PH: poder de hinchamiento

La S está estrechamente relacionada con la temperatura, pues a medida que se eleva la temperatura, la solubilidad se incrementa. Así, la mayor S (7,84 %) se observó a 80 °C. Vale señalar que la solubilidad a cualquier temperatura es baja considerando que **Torres et al. (2013)** obtuvieron a 60°C valores de 12,8 y 23,07 % para papa china variedad blanca y morada, respectivamente, resultados que responderían al alto contenido de amilopectina presente en estas variedades.

Los resultados de PH mostraron un comportamiento similar a lo observado con la CRA. Además, este comportamiento fue similar al reportado por **Yungan (2015)** para almidón de mashua (*Tropaealum tuberosum* Ruiz & Pay). Según **Miranda et al. (2013)**, el PH se relaciona con unión asociativa dentro del gránulo, señalando que la fuerza y carácter de la red micelar está relacionada con el porcentaje de amilosa en el gránulo de almidón, por lo cual un bajo contenido de amilosa presenta un alto PH.

4.1.5.3 Viscosidad

A partir de los datos de esfuerzo de cizalladura frente a los gradientes de cizalladura empleados en el experimento (Figura 7) se observó que la solución de almidón de papa china tiene un carácter pseudoplastico sin umbral de cizalladura, por lo que se aplicó una ecuación de ajuste potencial que permitió describir dicho comportamiento de forma bastante precisa (R^2= 0,9904). A partir de dicha ecuación, se obtuvo e índice de consistencia (K= 143,09 mPa.s) y el índice de comportamiento al flujo (n= 0,3855), valor este claramente pseudoplastico.

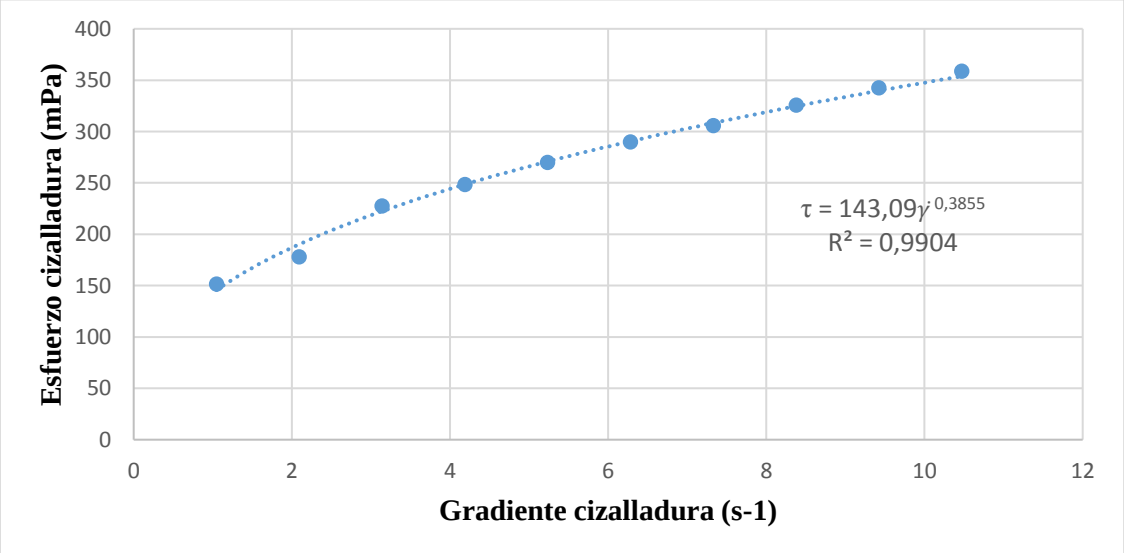


Figura 7: Caracterización reológica de la solución acuosa de almidón de papa china al 25 % (p/v). Tª ensayo= 25 °C

El comportamiento de la solución de almidón de papa china fue similar a lo reportado por **Muñoz et al. (2012)** quienes observaron un comportamiento pseudoplástico para nueve variedades de pulpa de durazno, mientras que obtuvieron valores de índice de consistencia (K) de 3,34 y 40,83 Pa·s e índice de comportamiento de flujo (n) entre 0,24 y 0,37, lo cual indica que las pulpas son más viscosas y más fuertemente pseudoplásticas debido a las temperaturas a las que fueron llevados a cabo los ensayos reológicos (30, 40 y 50 °C) y a los sólidos solubles totales (12,5, 16, 20, 24 y 28 °Brix) de las muestras analizadas.

En la Figura 8 se observa el comportamiento de la viscosidad aparente del almidón a diferentes gradientes de cizalladura (s^{-1}), presentando una disminución de la viscosidad a medida que aumento la velocidad de giro del husillo empleado, comportamiento que pudo modelizarse adecuadamente mediante el modelo de la potencia.

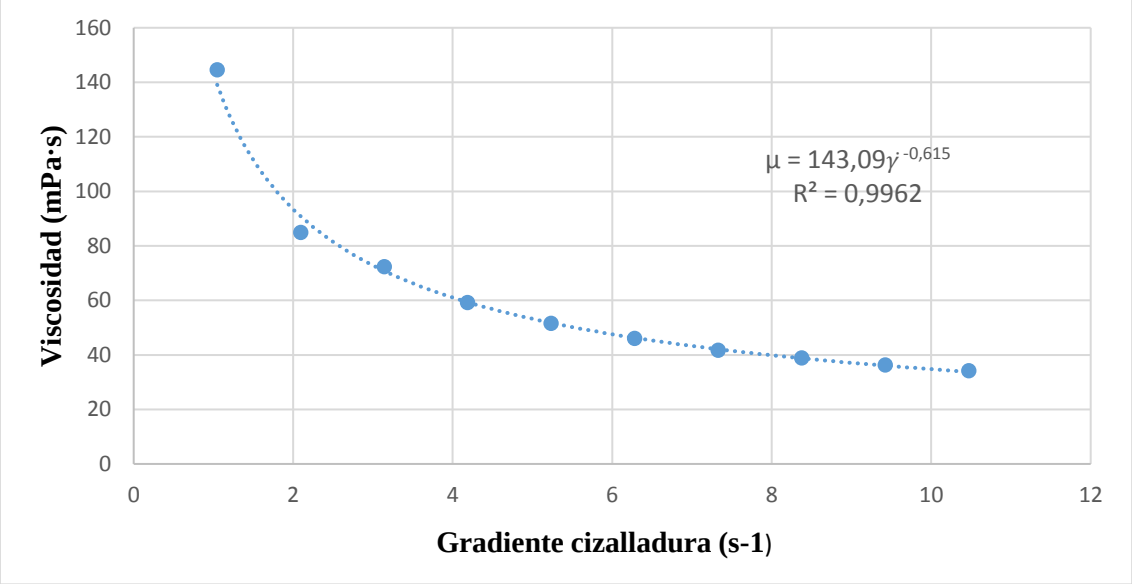


Figura 8. Viscosidad aparente (mPa·s) de almidón de papa china a diferentes gradientes de cizalladura (s^{-1})

4.1.5.4 Microscopía óptica y electrónica de barrido del almidón de papa china

En la Figura 8 se observa la forma y distribución de los gránulos del almidón mediante un microscopio óptico, presentando formas poliédricas y esféricas, y una distribución dispersa. Estos resultados concuerdan con los reportados por **Ríos (2014)** y **Torres et al. (2013)** quienes determinaron que los gránulos de almidón de la papa china presentan forma esférica y poligonal. Mientras que **Palomino et al. (2010)** señalaron que el almidón de papa china presenta formas elipsoidales truncadas, redondas y poliédricas.

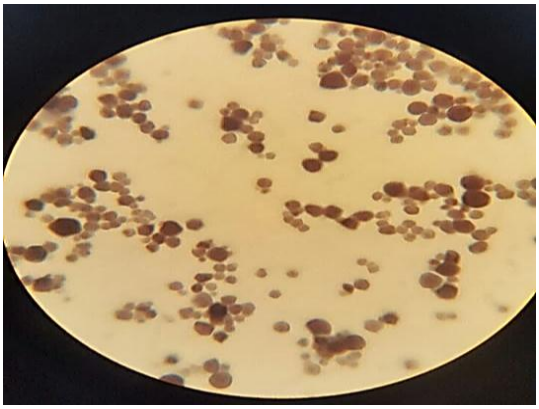


Figura 9. Microscopía óptica de almidón papa china teñida con Lugol

En la Figura 9 se indica el tamaño del gránulo de almidón entre 1,48 y 2,58 µm mediante SEM, estos valores están dentro del rango de 1,0 y 6,6 µm reportado por **Barreto et al. (2012)** para almidón de papa china. **Aboubakar et al. (2008)** indicaron un tamaño entre 3 y 20 µm, y que el tamaño del gránulo actúa principalmente en la digestibilidad de alimentos destinados para niños y personas mayores.

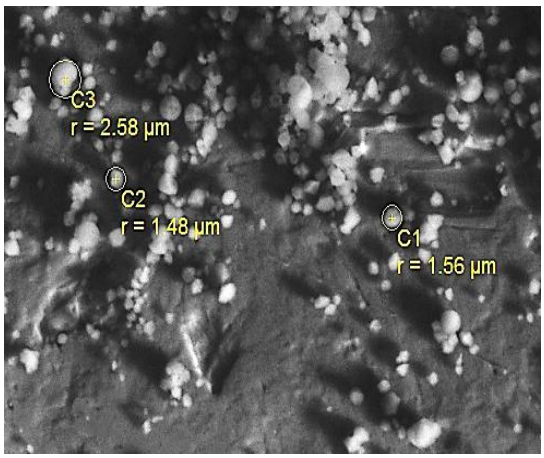


Figura 10. Microscopía electrónica de barrido (SEM) de almidón de papa china

4.1.6 Evaluación de las características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración

4.1.6.1 Pérdida de peso

En la Tabla 9 se muestra la pérdida de peso entre 12,67 y 18,46 % de los tratamientos de fresa con recubrimiento de almidón de papa china y almacenadas en refrigeración (4 ± 1 °C) durante 16 días, antes de su deterioro microbiológico. La mayor pérdida de peso se observó en el control (18,46 %), lo cual evidencia que el recubrimiento cumple una función protectora evitando la pérdida de agua y de sustancias volátiles. Esta pérdida de peso se explica por los procesos fisiológicos de respiración y transpiración que ocurren

en la fruta **(Sora et al., 2006)**. Adicionalmente, la fresa al presentar una alta tasa de respiración produce una mayor pérdida de agua, provocando arrugamiento del fruto, disminución del peso de comercialización y descenso de la calidad sensorial, afectando la apariencia, textura y jugosidad del fruto **(Maccapa, 2015)**.

Los resultados de pérdida de peso de los tratamientos fueron menores a los reportados por **García y Pinzón (2017)**, quienes señalan una pérdida de peso de 24 % para fresa (control) en 8 días de almacenamiento refrigerado (8 °C), y de 17 a 20 % para tratamientos con recubrimiento de almidón de plátano entre 9 y 13 días de almacenamiento. Estos resultados se explicarían por la variedad de fresa y las condiciones de almacenamiento **(Maccapa, 2015)**.

En el Anexo C: Tabla C 1, se reporta el análisis de varianza para los resultados de la pérdida de peso, indicando que existe diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos el día 16 de almacenamiento, y que los factores que inciden en la pérdida de peso son el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión. En el Anexo C: Tabla C 2 de la prueba de Tukey con un 95 % de confianza, se observa que la menor pérdida de peso ocurrió en el tratamiento T2 (12,67 %), misma que estadísticamente fue similar al T4 (13,86 %). La pérdida de peso de estos tratamientos estadísticamente fue menor a la del control (18,46 %).

Tabla 9. Pérdida de peso[1] (%) de la fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días

DÍAS	C (Control)	T1: A_0B_0	T2: A_0B_1	T3: A_1B_0	T4: A_1B_1
2	2,74 ± 0,84	2,26 ± 0,38	1,87 ± 0,01	1,90 ± 0,01	2,35 ± 0,09
4	4,17 ± 0,67	5,72 ± 0,54	4,05 ± 0,41	3,91 ± 0,12	4,13 ± 0,32
6	7,43 ± 0,03	8,72 ± 0,62	7,30 ± 0,95	9,69 ± 0,15	6,70 ± 0,33
9	8,29 ± 0,24	9,37 ± 0,79	8,05 ± 0,69	10,78 ± 0,09	7,62 ± 0,06
11	10,27 ± 0,42	11,09 ± 0,34	9,62 ± 0,77	12,55 ± 0,27	9,20 ± 0,50
14	12,61 ± 0,42	13,89 ± 0,82	11,33 ± 0,27	15,55 ± 0,80	11,60 ± 0,29
16	18,46 ± 0,60 d	15,17 ± 0,76 bc	12,67 ± 0,52 a	17,43 ± 069 cd	13,86 ± 0,07 ab

[1]Los valores son la media de 2 mediciones ± desviación estándar. A_0B_0 (1 % almidón, 5 min inmersión); A_0B_1 (1 % almidón, 10 min inmersión); A_1B_0 (2 % almidón, 5 min inmersión); A_1B_1 (2 % almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95 % de significancia

4.1.6.2 Sólidos solubles totales

En la Tabla 10 se muestra que el contenido de SST de los tratamientos se incrementó durante el periodo de almacenamiento desde 7,55 °Brix al inicio del ensayo, hasta valores entre 11,10 y 11,60 °Brix en el día 16. El incremento de los SST se debe a la conversión del almidón en azúcares **(Figueroa et al., 2013)**. También **Guamushig (2017)** indica que el incremento de los SST durante los días de almacenamiento se debe a la transformación de los ácidos orgánicos en azúcares, dándole un dulzor típico de las frutas maduras.

Los resultados observados en Tabla 10 son superiores a los reportados por **García y Pinzón (2017)**, quienes señalan un contenido de SST de 10,25 °Brix para la fresa (control) almacenada en refrigeración (8 °C) durante 8 días, y de 8,75 a 10 °Brix para los tratamientos con almidón de plátano almacenados entre 9 y 13 días. **Jima (2015)** señaló un valor de 8,84 °Brix (control) para fresa variedad Albión almacenada a 5 °C por 9 días, y entre 9,08 y 10,47 °Brix para fresa con recubrimiento de gelatina y almacenada por 16 días.

En el Anexo C: Tabla C 3, se reporta el análisis de varianza de los resultados de SST de los tratamientos en el día 16 de almacenamiento, donde se observa que los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$); es decir, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron en el contenido de SST. La prueba de Tukey, Anexo C: Tabla C 4, indica que los SST de los tratamientos están dentro del mismo grupo.

Tabla 10. Sólidos solubles totales[1] (°Brix) de fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 día

DÍAS	C (Control)	T1: A_0B_0	T2: A_0B_1	T3: A_1B_0	T4: A_1B_1
0	7,55 ± 0,49	7,55 ± 0,49	7,55 ± 0,49	7,55 ± 0,49	7,55 ± 0,49
2	8,15 ± 0,07	8,05 ± 0,07	8,05 ± 0,07	8,00 ± 0,14	8,35 ± 0,21
4	9,00 ± 0,14	9,75 ± 0,35	9,85 ± 0,21	9,90 ± 0,14	10,45 ± 0,64
7	10,00 ± 0,42	10,90 ± 0,14	10,25 ± 0,07	11,60 ± 0,28	10,90 ± 0,14
9	10,05 ± 0,07	10,30 ± 0,14	11,55 ± 0,35	11,15 ± 0,21	10,60 ± 0,57
11	9,90 ± 0,14	10,70 ± 0,57	11,25 ± 0,35	10,55 ± 0,35	11,75 ± 0,64
14	10,10 ± 0,14	11,15 ± 0,21	11,20 ± 0,00	11,50 ± 0,42	11,30 ± 0,14
16	11,60 ± 0,57 a	11,10 ± 0,14 a	11,15 ± 0,07 a	11,25 ± 0,35 a	11,25 ± 0,35 a

[1]Los valores son la media de 2 mediciones ± desviación estándar. A_0B_0 (1 % almidón, 5 min inmersión); A_0B_1 (1 % almidón, 10 min inmersión); A_1B_0 (2 % almidón, 5 min inmersión); A_1B_1 (2 % almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95 % de significancia

4.1.6.3 pH

En la Tabla 11 se observa que el pH 3,30 al inicio del almacenamiento, decreció ligeramente a 3,13 y 3,24 al final del almacenamiento. Según **Beltrán (2010)**, el pH es uno de los parámetros que durante el almacenamiento de la fresa no presentó mucha variación con el tiempo, incluso al cambio de temperatura y a los procesos fisiológicos como transpiración. Además, aquellos valores son similares a los reportados por **García y Pinzón (2017)**, con pH 3,3 para fresa (control) almacenada a 8 °C durante 8 días, y entre 3,2 y 3,3 para fresa con recubrimiento de almidón de plátano almacenada en refrigeración entre 9 y 13 días, respectivamente. Sin embargo, **Jima (2015)** indica valores superiores entre pH 3,82 y 3,93, tanto para fresa control como para los tratamientos almacenados en refrigeración (5 °C), que se explicarían por las condiciones de almacenamiento del fruto, tipo de recubrimiento y características de la fresa.

En el Anexo C: Tabla C 5, se indica el análisis de varianza con respecto a la variable pH de los tratamientos en el día 16 de almacenamiento, donde se observa que no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$); es decir, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron sobre la variable pH.

Tabla 11. pH[1] de la fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días

DÍAS	C (Control)	T1: A_0B_0	T2: A_0B_1	T3: A_1B_0	T4: A_1B_1
0	3,30 ± 0,06	3,30 ± 0,06	3,30 ± 0,06	3,30 ± 0,06	3,30 ± 0,06
2	3,35 ± 0,05	3,09 ± 0,03	3,07 ± 0,02	3,10 ± 0,02	3,08 ± 0,08
4	3,26 ± 0,02	3,18 ± 0,01	3,25 ± 0,03	3,32 ± 0,05	3,36 ± 0,06
7	3,13 ± 0,01	3,23 ± 0,05	3,15 ± 0,06	3,14 ± 0,04	3,22 ± 0,07
9	3,14 ± 0,02	3,22 ± 0,07	3,16 ± 0,06	3,19 ± 0,01	3,15 ± 0,00
11	3,24 ± 0,06	3,17 ± 0,03	3,14 ± 0,01	3,18 ± 0,03	3,16 ± 0,02
14	3,16 ± 0,01	3,32 ± 0,13	3,23 ± 0,06	3,18 ± 0,05	3,24 ± 0,10
16	3,13 ± 0,03 a	3,24 ± 0,09 a	3,13 ± 0,04 a	3,16 ± 0,02 a	3,19 ± 0,02 a

[1]Los valores son la media de 2 mediciones ± la desviación estándar. A_0B_0 (1 % almidón, 5 min inmersión); A_0B_1 (1 % almidón, 10 min inmersión); A_1B_0 (2 % almidón, 5 min inmersión); A_1B_1 (2 % almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la diferencia entre los tratamientos con un nivel de significancia del 95 %

4.1.6.4 Acidez titulable

En la Tabla 12 se aprecia que la acidez titulable (% ácido cítrico) de los tratamientos se incrementó ligeramente durante el periodo de almacenamiento, desde 0,94 % al inicio hasta valores entre 1,12 y 1,19 % al final (día 16). Según **Beltrán (2010) y Maccapa (2015)**, la acidez titulable determina los cambios de los ácidos orgánicos en la fresa, entre estos se encuentran el málico, succínico, ascórbico y cítrico, siendo este último el predominante. Cabe señalar que la cantidad inicial de ácido cítrico es distinto y evoluciona de manera independiente, y que el principal factor para su aumento es el alto contenido de CO_2. La fresa para su comercialización debe tener un máximo de acidez titulable entre 0,8 y 1,2 % ácido cítrico/100 g de fruta.

Los resultados experimentales fueron similares a los reportados por **García y Pinzón (2017)**, con una AT del 1,15 % para fresa (control) almacenada en refrigeración a 8 °C durante 8 días, y de AT del 1,1 a 1,2 % para fresa con recubrimiento de almidón de plátano almacenada entre 9 y 13 días. Mientras **Jima (2015)** obtuvo 1,11 % ácido cítrico para fresa (control) almacenada a 5 °C, y entre 0,96 y 1,09 % de ácido cítrico en fresa con recubrimiento de gelatina.

En el Anexo C: Tabla C 7, se muestra el análisis de varianza de los resultados de la acidez titulable de los tratamientos al día 16 de almacenamiento, donde se observa que no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$); por lo tanto, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron en el contenido de acidez titulable.

Tabla 12. Acidez titulable[1] (% ácido cítrico) de la fresa con recubrimiento de almidón de papa china almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) por 16 días

Días	C (Control)	T1: A_0B_0	T2: A_0B_1	T3: A_1B_0	T4: A_1B_1
0	0,94 ± 0,08	0,94 ± 0,08	0,94 ± 0,08	0,94 ± 0,08	0,94 ± 0,08
2	0,96 ± 0,04	0,82 ± 0,09	0,74 ± 0,01	0,88 ± 0,00	0,71 ± 0,09
4	0,90 ± 0,01	0,94 ± 0,06	0,91 ±0,00	0,93 ± 0,09	0,90 ± 0,02
7	1,04 ± 0,03	1,11 ± 0,06	0,98 ± 0,05	1,02 ± 0,15	0,91 ± 0,01
9	0,97 ± 0,06	0,94 ± 0,02	1,04 ± 0,14	1,04 ± 0,14	1,05 ± 0,01
11	0,95 ± 0,04	1,11 ± 0,07	1,10 ± 0,03	1,00 ± 0,05	1,05 ± 0,15
14	0,91 ± 0,02	0,92 ± 0,16	0,98 ± 0,10	1,01 ± 0,13	0,96 ± 0,17
16	1,15 ± 0,03 a	1,17 ± 0,19 a	1,19 ± 0,10 a	1,12 ± 0,06 a	1,18 ± 0,07 a

[1]Los valores son la media de 2 mediciones ± desviación estándar. A_0B_0 (1 % almidón, 5 min inmersión); A_0B_1 (1 % almidón, 10 min inmersión); A_1B_0 (2 % almidón, 5 min inmersión); A_1B_1 (2 % almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la diferencia entre los tratamientos con un nivel de significancia del 95 %

4.1.6.5 Determinación del tiempo de vida útil del mejor tratamiento

Según **Toalombo (2014)**, la vida útil en los alimentos limita el tiempo durante el cual el alimento elaborado es apto para el consumo o, lo que es equivalente, el tiempo en el que el producto alcanza los niveles inaceptables para su consumo. La mayoría de los métodos utilizados para determinar la vida útil en los alimentos es el almacenamiento en condiciones que simulen el proceso de comercialización, y a su vez se realicen análisis de las características fisicoquímicas de las frutas.

Previo a la determinación del tiempo de vida útil de la fresa, se seleccionó el mejor tratamiento, siendo éste el T2 (A_0B_1: 1 % almidón, 10 min inmersión), debido a que presentó la menor pérdida de peso de la fruta almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) durante 16 días (Anexo C: Tabla C 2). También se consideró una pérdida de peso aceptable de la fresa de 6 % **(Beltrán, 2010; Borja, 2010).** Luego se graficó la pérdida de peso del control y del tratamiento T2 versus el tiempo de almacenamiento (Tabla 9; Anexo D: Figura D 1), obteniéndose las ecuaciones: y = 1,004t + 0,215 e, y = 0,7755t + 0,8521, respectivamente.

Para la determinación del tiempo de vida útil de la fresa se consideró la ecuación 13:

$$\% PP = \% PPo + k\ t$$

% PP = parámetro de pérdida de peso escogido como límite de tiempo de vida útil (%)
% PPo = pérdida de peso al tiempo inicial (%)
t = tiempo de almacenamiento (días)
k = constante de velocidad de reacción (%/días)

De las ecuaciones señaladas en el Anexo D: Figura D 1, se obtuvieron el % PPo y k del control y del T2:

Control	T2
% PPo = 0,215	% PPo = 0,8521
k = 1,004	k = 0,7755

De la Ecuación 13, se despejó el tiempo de vida útil:

$$t = \frac{\% PP - \% PPo}{k}$$

Tiempo de vida útil control (días)	Tiempo de vida útil T2 (días)
$t = \frac{6 - 0,215}{1,004}$	$t = \frac{6 - 0,8521}{0,7755}$
t = 5 ,76 días	t = 6,63 días

Se observó que la vida útil de la fresa del mejor tratamiento (T2) fue superior en aproximadamente 1 día con respecto a la de la fresa control. La vida útil (6,63 días) del tratamiento T2 fue similar a la reportada por **Guamushig (2017)** y **Reyes (2017)** de 7 días para mora de castilla recubierta con quitosano, aunque levemente inferior a los 8 días para mora de casilla con recubrimiento de gelatina, respectivamente.

4.2 Verificación de las hipótesis

En base al análisis estadístico con un nivel de significancia del 95 %, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa de que la concentración de almidón de papa china y el tiempo de inmersión influyen significativamente sobre la pérdida de peso de la fresa con recubrimiento durante el almacenamiento refrigerado.

De otro lado, se aceptó la hipótesis nula de que la concentración de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron en las características fisicoquímicas de la fresa como sólidos solubles totales, pH y acidez titulable durante el almacenamiento refrigerado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las características fisicoquímicas de los cormos de la papa china de la variedad blanca, mostraron similitud a las de los tubérculos, particularmente de papa (S*olanum tuberosum*) con un peso promedio 149,4 g, un diámetro longitudinal de 6,8 cm, un diámetro ecuatorial de 4,1 cm, un contenido de SST 3,15 °Brix, pH 6,44, acidez titulable de 0,07 % de ácido oxálico, coloración café para la parte externa y blanca para la parte interna, una luminosidad externa del 37,2 % e interna del 90,5, y un contenido de almidón de 8,95 %.

- Las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de papa china fueron las siguientes: un contenido de materia seca 91,43 %, una humedad de 8,57 %, un contenido de cenizas de 0,44 %, un contenido de proteína del 2,18 %, y de fibra dietética del 6,15 %, una temperatura de gelatinización de 70,5 °C, una capacidad de retención de agua 2,11 g agua/g muestra, una solubilidad del 4,45 %, un poder de hinchamiento de 2,14 g agua/g muestra y un tamaño de gránulo entre 1,48 y 2,58 μm, características que determinan una calidad adecuada para la elaboración de recubrimientos comestibles.

- Se determinó como mejor tratamiento el recubrimiento comestible T2 constituido por almidón de papa china al 1 %, mediante una inmersión por 10 min, conteniendo sorbitol al 2 %, sorbato de potasio al 0,02 % y ácido cítrico al 0,5 %, debido a la menor pérdida de peso (12,6 %) de la fresa almacenada en refrigeración (4 ± 1 °C) durante 16 días.

- La vida útil de la fresa sometida al mejor tratamiento (T2) fue de aproximadamente 7 días, superior en 1 día a la vida útil de la fresa control, observándose que los procesos fisiológicos de maduración continuaron durante el almacenamiento refrigerado, no viéndose diferencias significativas en las características físico-químicas del producto tratado, respecto al control.

5.2. Recomendaciones

- Estudiar la aplicación del almidón de papa china en recubrimientos para mora de castilla, guayaba y tomate de riñón, productos frescos de rápido deterioro y alta demanda.
- Evaluar microbiológicamente la fresa recubierta con la mezcla de almidón de papa china, ácido cítrico, sorbitol y sorbato de potasio, en diversas condiciones de almacenamiento.
- Realizar un estudio de factibilidad económica de la aplicación del recubrimiento en base a almidón de papa china en fresa.

BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

Aboubakar, Njintang, Y., Scher, J., y Mbofung, C. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (Colocasia esculenta L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering, 86*, 294–305.

Acurio, L. (2010). *Determinación de los principales indicadores en el tiempo de vida de anaquel de panela granulada de las unidades productivas Ingapi y El Paraíso con fines de exportación al mercado norteamericano.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato Ambato (Ecuador).

Achipiz, S. M., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L., y Navia, D. P. (2013). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba(Psidium guajava). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria, 2*(2), 92-101.

Alcántara, M. G. (2009). *Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo postcosecha y el transporte simulado.* (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (España).

Aldaz, F. (2011). *Elaboración de pan a partir de la mezcla de cinco niveles de harina de trigo (triticum vulgare) y harina de papa china (Colocasia esculenta) para mejorar su valor nutricional, en la Universidad Estatal de Bolivar.* (Tesis Grado), Universidad Estatal de Bolívar, Bolívar (Ecuador). Retrieved from http://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1188/1/075.pdf.

Alvarado, J. d. D. (1996). *Principios de ingeniería aplicados a alimentos*. Ambato (Ecuador).

Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., y Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica, 19*(1), 19-28.

Anderson, R. A., Conway, H. F., y Peplinski, A. J. (1970). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. *Starch - Stärke, 22*(4), 130-135. doi: 10.1002/star.19700220408

AOAC. (2016a). Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oil seeds *AOAC Official Method 2001.11* (pp. 1-3).

AOAC. (2016b). Total Dietary Fiber in Foods *AOAC Official Method 985.29* (pp. 1-2).

Arancibia, M. (2014). *Recubrimientos activos procedentes de recursos infrautilizados y residuos de la industria para su aplicación en agroalimentación.* (Tesis Maestría), Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Aristizábal, J., y Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* (Vol. 163). Roma (Italia): FAO.

Barco, P., Burbano, A., Mosquera, S., Héctor, V., y Navia, D. (2011). Efecto de recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *revista Lasallista de Investigación*, *8*(2), 96-103.

Barreto, S. A., de Gascue, B. R., Prin, J. L., Pérez, E., y Ortiz, S. (2012). Necesidad de sustitución de las fuentes tradicionales de almidón: avances en los estudios de gránulos de almidón obtenidos de ocumo chino (Colocasia esculenta L Schott) y de sus mezclas con canavalia (Canavalia ensiformis). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*(1), 12-15.

Beltrán, A. (2010). *Estudio de la vida útil de fresas (Fragaria vesca) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador). Retrieved from http://redi.uta.edu.ec/handle/123456789/858

Borja, E. (2010). *Estudio de la conservación de fresas (Fragaria vesca) mediante tratamientos térmicos.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

Domínguez, M., y Jiménez, M. (2012). Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 2*, 110-121.

Espinosa, V. (2008). *Estudios estructurales de almidón de fuentes no convencionales: mango (Mangifera indica L.) y plátano (Musa paradisiaca L.).* (Tesis Doctoral), Instituto Politécnico Nacional, Yautepec (México).

Fánor, F., Peña, E., y Vargas, A. (2011). Propiedades fisicoquímicas de fresas (Fragaria sp) cultivadas bajo filtros fotoselectivos. *Revista Facultad Nacional Agropecuaria de Medellín, 64*(2), 6221-6228.

Ferreira, S., Ortiz, E., y Pardo, C. (1990). Estudio quimico bromatologico de la colocasia esculenta (Taro). *Revista Colombiana de Ciencias Quimico-Farmaceuticas, 18, 53-59.*

Figueroa, J. A., Salcedo, J. G., y Narváez, G. J. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins). *Temas agrarios, 18*(2), 94-105.

García, M., Martino, M., y Zaritzky, N. (2001). Composite starch-based coatings applied to strawberries (Fragaria ananassa). *Molecular Nutrition & Food Research, 45*(4), 267-272.

García, O., y Pinzón, M. (2017). Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (Musa paradisiaca L.) en la calidad de fresas. *Revista de la Asociacion Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 24*(39), 92-102.

García, O., Pinzón, M., y Sánchez, L. (2012). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, manihot esculenta, variedad ica, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, *11*(1), 13-21.

Guamushig, M. (2017). *Evaluación del efecto de un recubrimiento con quitosano sobre la calidad*

postcosecha de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth). (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán , México. *Food Science and Technology (Campinas), 28*(3), 718-726.

Himeda, M., Njintang, N., Nguimbou, R., Gaiani, C., Scher, J., Facho, B., y Mbofung, C. (2012). Physicochemical, rheological and thermal properties of taro (Colocassia esculenta) starch harvested at different maturity stages. *International Journal of Biosciences, 2*(3), 14-27.

ICONTEC. (2002). Norma Técnica Colombiana NTC ICONTEC 3528. Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal (pp. 1-6).

INEN (2013a). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 750. Productos vegetales y de frutas. Determinación de la acidez titulable (IDT).

INEN (2013b). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842. Productos vegetales y de frutas-Determinación de pH (IDT).

INEN (2013c). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2173. Productos vegetales y frutas - determinación de sólidos solubles - método refractómetrico (IDT) (pp. 1-5).

INEN (2014a). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3593. Almidones y féculas. Determinación de cenizas (ISO 3593:1981, IDT) (pp. 1-6).

INEN (2014b). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3947. Almidones y féculas, nativos o modificados. Determinación del contenido en materias grasas totales (ISO 3947:1977, IDT) (pp. 1-8).

INEN (2015). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2427. Frutas frescas.Mora requisitos (pp. 1-7).

Jima, I. (2015). *Aplicación de recubrimientos comestibles (Gelatina, Glicerol, Tween, Ácido cítrico y Glucosa) y su efecto en el tiempo de vida útil de fresa (Fragaria ananassa) variedad albion.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

Lalaleo, D. (2017). *Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir harina y residuos de banano de rechazo.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador). Retrieved from http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24739

López, M. a., Ruiz, S., Navarro, C., Ornelas, J. D. J., Estrada, M. I., Gassos, L. E., y García, J. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 14*, 33-43.

López, O. (2011). *Desarrollo, caracterizacion y aplicacion de envases biodegradables a partir de almidón.* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Maccapa, R. (2015). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento biodegradable a base de aislado de proteína de suero sobre la vida útil de la chirimoya (annona cherimola), fresa (fragaria vesca) y pera (pyrus communis).* (Tesis grado), Universidad Nacional del Altiplano, Puno (Perú).

Mardones, M. A., Olivares, S., Araneda, J., y Gómez, N. (2009). Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 59*(3), 304-309.

Mendoza, A. (2014). *Elaboración de harina de papa china (Colocasia esculenta) y banano (Musa x paradisiaca) como suplemento para alimentación animal.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Quevedo, Quevedo (Ecuador). Retrieved from http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/258

Miranda, P., Marrugo, Y., y Montero, P. (2013). Caracterización funcional del almidón de fríjol zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y cuantificación de su almidón resistente. *Tecnológicas*(30), 17-32.

Morales, A. (2012). Fitogeografia e Industrializacion del Almidón de Pituca. *Espacio y Desarrollo, 24*, 97-117.

Morales, S. (2011). *Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo de papa (Solanum tuberosum L.).* (Doctorado), Universidad Autónoma de Chapingo, México (Chapingo).

Morata, A. (2010). *Nuevas tecnologías de conservación de alimentos*. Madrid (España): A. Madrid Vicente Ediciones.

Muñoz Puntes, E., Rubio, L. A., & Cabeza, M. S. (2012). Comportamiento de flujo y caracterización fisicoquímica de pulpas de durazno. *Scientia Agropecuaria, 3*(2).

Obregón, A., y Repo, R. (2013). Evaluación fisicoquímica y bromatológica de cuatro variedades nativas de papa (Solanum SPP.). *Ciencia e Investigación, 16*(1).

Ortega, J. (2016). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (Musa acuminata AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

Palomino, C., Molina, Y., y Peréz, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de Colocasia esculenta (L.) Schott y Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott. *Revista de la Facultad de Agronomia, 36*(2), 58-66.

Paredes, V. (2017). *Efecto de un recubrimiento comestible de gelatina y ε-polilisina en la calidad microbiológica de mora de castilla (Rubus glaucus Benth).* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

Quintero, J., Falguera, V., y Muñoz, A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles : importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga, 5*, 93-118.

Restrepo, A., Cortés, M., y Rojano, B. (2010). Potenciación de la capacidad antioxidante de fresa (Fragaria ananassa Duch.) por incorporación de vitamina E e utilizando la técnica de impregnación a vacío. *Revista de la Facultad de química farmacéutica, 17*(2), 135-140.

Restrepo, J., y Aristizábal, I. (2010). Conservación de fresa (Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (Aloe barbadensis Miller) y cera de carnauba. *Vitae, 17*(3), 252-263.

Reyes, G. (2017). *Evaluación de la calidad postcosecha de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth) con un recubrimiento comestible de gelatina y ε-polilisina.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato., Ambato (Ecuador).

Ríos, K. (2014). *Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas y nutrimentales de almidón obtenido a partir de dos especies de malanga (Colocasia antiquorum y Colocasia esculenta) cultivadas en el estado de Oaxaca.* (Tesis grado), Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapan de león, Oaxaca (México).

Rutiaga, O. (2002). *Elaboración de películas plásticas flexibles a partir de polímeros naturales como una alternativa de empaque y la evaluación de sus propiedades.* (Tesis Grado), Universidad Autónoma de Nueva León, Monterrey (México).

Sora, A., Fischer, G., y Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth) en empaques con atmósfera modificada. *Fisiología y Tecnología Poscosecha, 24*(2), 306-316.

Toalombo, O. (2014). *Estudio de la aplicación de un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vida útil de la mora de castilla (Rubus glaucus).* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

Torres, A., Durán, M., y Montero, P. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (Colocasia esculenta). *revista Lasallista de Investigación, 10*(2), 29-38.

Trujillo, J. (2015). *Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum l) por harina de papa china (Colocasia esculenta) para la elaboración de galletas de dulce.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Machala, Machala (Ecuador).

Van De Velde, F., Tarola, A. M., Güemes, D., y Pirovani, M. E. (2013). Bioactive compounds and antioxidant capacity of Camarosa and Selva strawberries (Fragaria x ananassa Duch.). *Foods, 2*, 120-131.

Vázquez, M., y Guerrero, J. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 7*(2), 5-14.

Villaseñor, D. (2015). *Evaluación nutricional y funcional de almidón de la fruta de pan (Artocarpus altilis) como potencial componente en alimentos, en la Provincia de el Oro, 2015.* Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2884/1/CD000019Tesis Villaseñor David.pdf

Vizcaíno, L. (2011). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de frutilla (Fragaria chiloensis) en Checa – Pichincha.* (Tesis Grado), Universidad San Francisco de Quito, Quito (Ecuador).

Yungan, Á. (2015). *Efecto del método de extracción del almidón de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.) en las características físico-químicas y reológicas.* (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador). Retrieved from http://redi.uta.edu.ec/handle/123456789/15884

ANEXOS

Anexo A

Diagramas de flujo de la fase experimental

EXRACCION DE ALMIDÓN DE PAPA CHINA

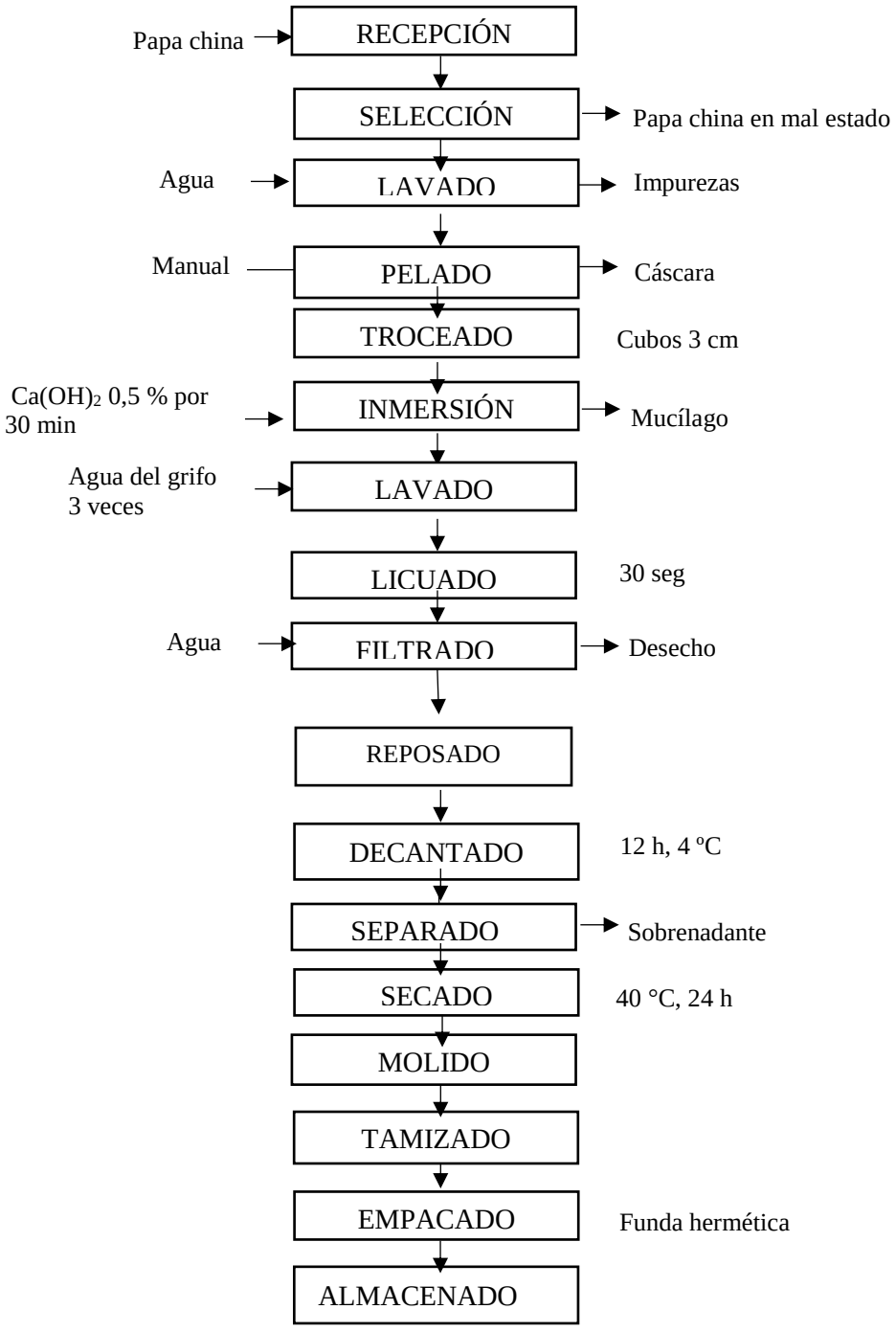


Figura A 1. Diagrama de flujo para la extracción de almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott)

PREPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE ALMIDÓN DE PAPA CHINA

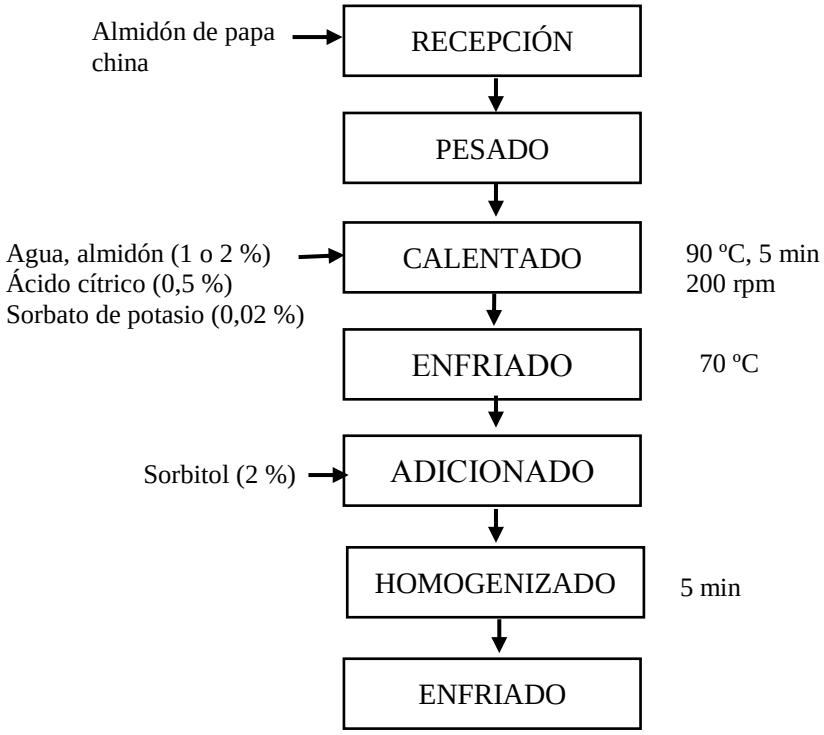


Figura A 2. Diagrama de flujo para la preparación del recubrimiento de almidón.

APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN FRESA

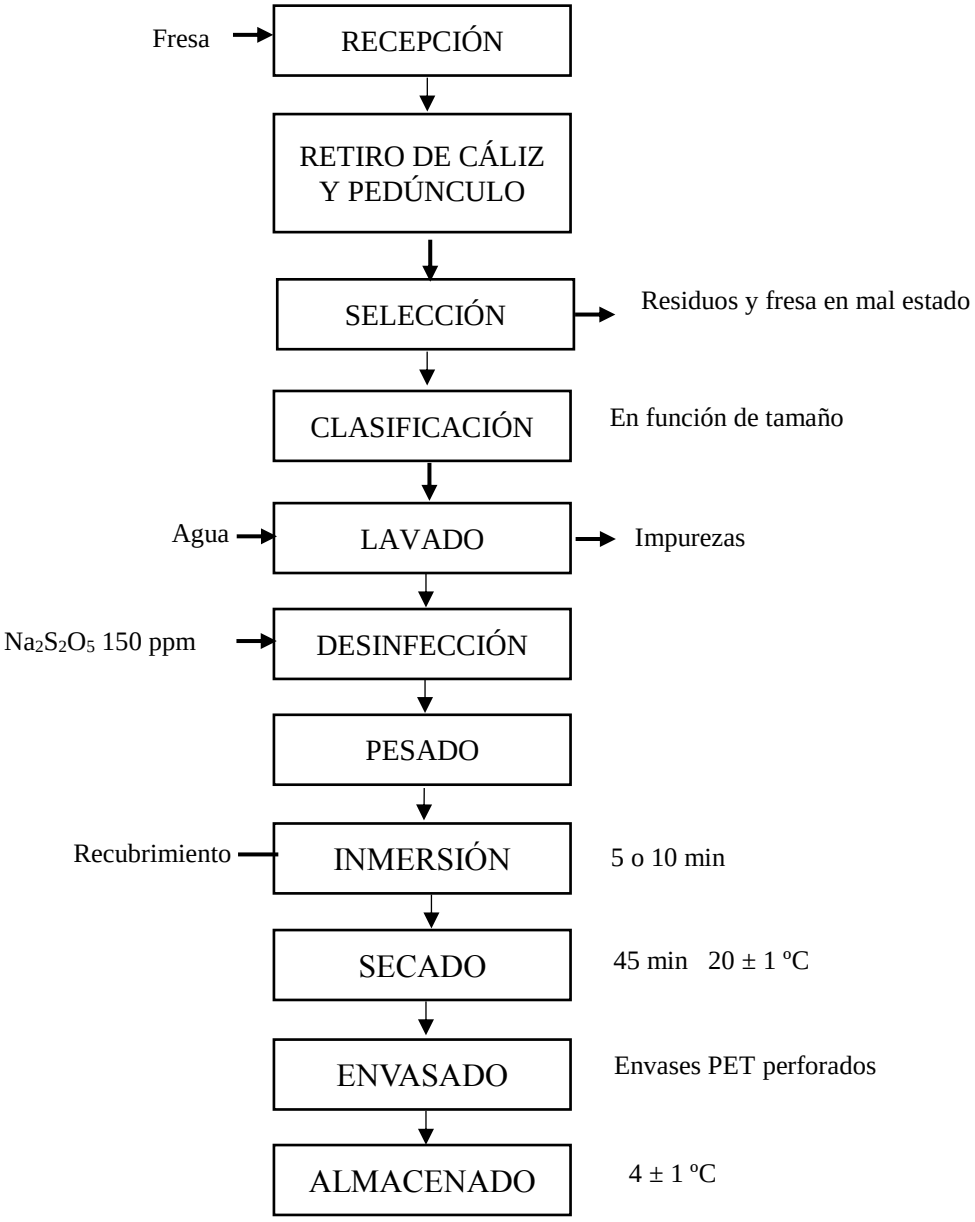


Figura A 3. Diagrama de flujo para la aplicación del recubrimiento comestible en fresa

Anexo B

Fotografías de la fase experimental

EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA CHINA



Recepción de papa china



Pesado



Pelado



Troceado



Inmersión



Licuado

 Filtrado	 Decantado
 Secado	 Almidón de papa china Envasado

PREPARACIÓN DE LA FRESA Y APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO



Recepción de la fresa

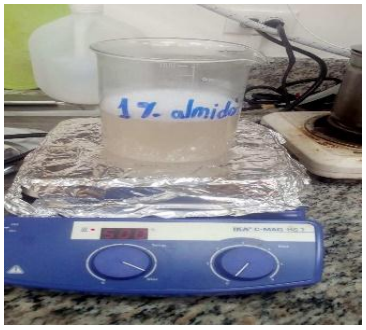


Eliminación del pedúnculo



Lavado y clasificación

Prepa



ración del recubrimiento



Inmersión



Secado



Envasado



Almacenado

Anexo C

Análisis estadístico para las propiedades fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento

Tabla C 1. Análisis de varianza para pérdida de peso (%) en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: % Almidón	5,95125	1	5,95125	17,75	0,0136
B: Tiempo inmersión	18,3618	1	18,3618	54,76	0,0018
INTERACCIONES					
AB	0,57245	1	0,57245	1,71	0,2614
RESIDUOS	1,3413	4	0,335325		
TOTAL (CORREGIDO)	26,2268	7			

Tabla C 2. Prueba Tukey HSD para pérdida de peso (%). Método: 95,0 %

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	2	12,67	a
T4	2	13,86	ab
T1	2	15,165	bc
T3	2	17,425	cd
T0	2	18,465	d

Tabla C 3. Análisis de varianza para SST (°Brix) en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: % Almidón	0,03125	1	0,03125	0,45	0,5371
B: Tiempo inmersión	0,00125	1	0,00125	0,02	0,8993
INTERACCIONES					
AB	0,00125	1	0,00125	0,02	0,8993
RESIDUOS	0,275	4	0,06875		
TOTAL (CORREGIDO)	0,30875	7			

Tabla C 4. Prueba Tukey HSD para SST. Método: 95,0 %

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	2	11,1	a
T2	2	11,15	a
T3	2	11,25	a
T4	2	11,25	a
T0	2	11,6	a

Tabla C 5. Análisis de varianza para pH en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: % Almidón	0,0002	1	0,0002	0,08	0,7903
B: Tiempo inmersión	0,00245	1	0,00245	0,99	0,3761
INTERACCIONES					
AB	0,01125	1	0,01125	4,55	0,1000
RESIDUOS	0,0099	4	0,002475		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0238	7			

Tabla C 6. Prueba Tukey HSD para pH. Método: 95,0 %

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	2	3,13	a
T2	2	3,13	a
T3	2	3,155	a
T4	2	3,195	a
T1	2	3,24	a

Tabla C 7. Análisis de varianza para acidez titulable en fresa con recubrimiento de almidón de papa china al día 16 de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: % Almidón	0,0018	1	0,0018	0,14	0,7282
B: Tiempo inmersión	0,0032	1	0,0032	0,25	0,6452
INTERACCIONES					
AB	0,0008	1	0,0008	0,06	0,8159
RESIDUOS	0,0518	4	0,01295		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0576	7			

Tabla C 8. Prueba Tukey HSD para acidez titulable. Método: 95,0 %

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	2	1,12	a
T0	2	1,155	a
T1	2	1,17	a
T4	2	1,18	a
T2	2	1,19	a

Anexo D

Ecuaciones de pérdida de peso empleadas para la determinación del tiempo de vida útil de la fresa recubierta

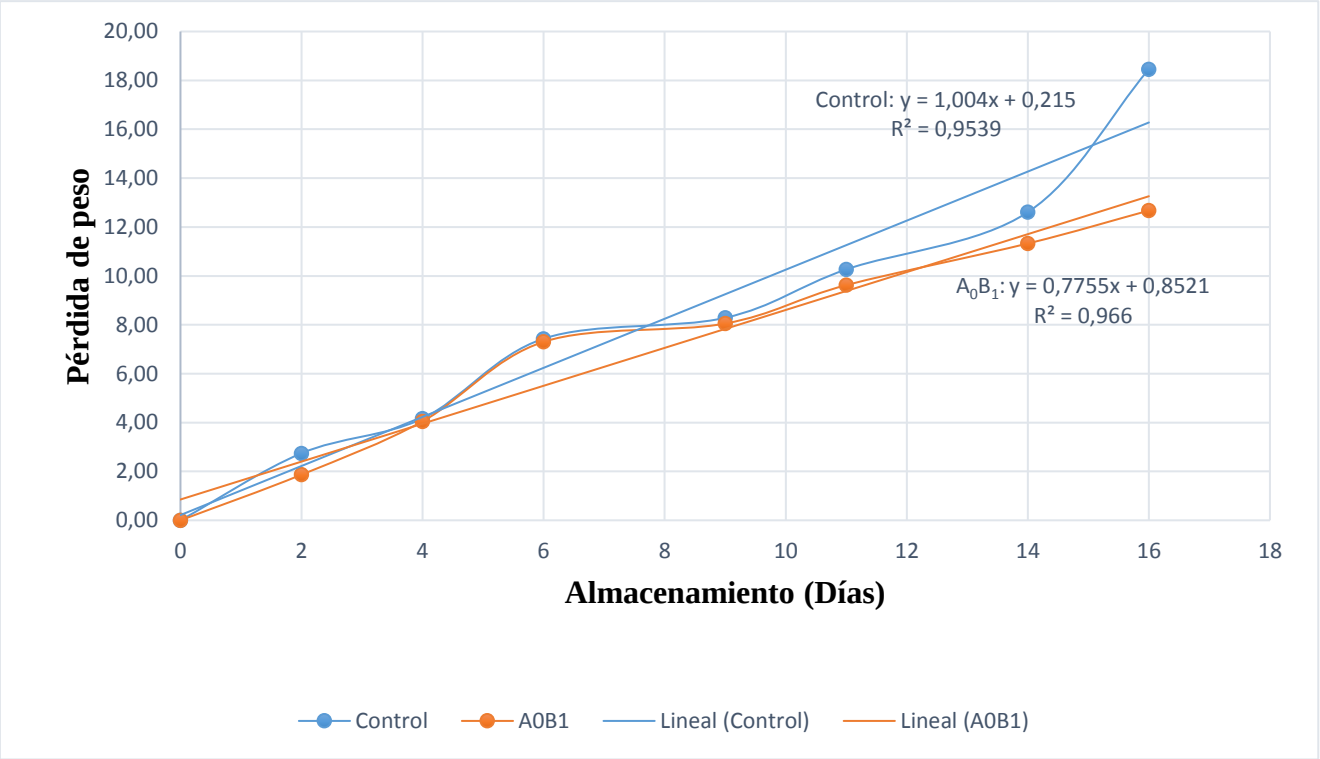


Figura D 1: Ecuaciones de pérdida de peso durante el almacenamiento de la fresa del tratamiento T2 y del control

Anexo E

Valores de viscosidad aparente (μ, mPa·s)

Ω (rpm)	γ (s-1)	μ (mPa·s)	τ (mPa)
5	1,05	144,6	151,42
10	2,09	84,9	177,81
15	3,14	72,4	227,45
20	4,19	59,25	248,19
25	5,24	51,55	269,92
30	6,28	46,1	289,65
35	7,33	41,7	305,68
40	8,38	38,86	325,55
45	9,42	36,33	342,40
50	10,47	34,24	358,56

Tabla E 1: Valores para determinar el comportamiento de la solución de almidón de papa china

Anexo F

Resultados de los análisis de proteína y fibra dietética

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS

LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS

Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail:laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com
Ambato-Ecuador

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:17-326	R01-5 (0) 06
Solicitud N°: 17-326	Pag. 1 de 1
Fecha recepción: 22 de septiembre del 2017	Fecha de ejecución de ensayos: 27 al 29 de septiembre de 2017
Información del cliente:	
Empresa: n/a	C.I./RUC: 1804971594
Representante: Lizbeth Estefanía Oñate Zuñiga	Tlf: 0988692725
Dirección: Pelileo	Email: lizunny17@hotmail.com
Ciudad: Pelileo	
Descripción de las muestras:	
Producto: Almidón de papa china	Peso: 100 gramos
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: Fundu resellable
Lote: n/a	No de muestras: 1 muestra
F. Elb.: 04 de septiembre del 2017	F. Exp.: n/a
Conservación: Ambiente X Refrigeración Congelación	Almac. en Lab: 30 días
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos Rotos	Muestreo por el cliente: 22 de septiembre del 2017

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Almidón de papa china	32617527	Ninguno	Proteína	AOAC 1 d 20, 2016 2001.11	%(Nx6,25)	2,18
			Fibra dietética total	AOAC 985.29 1 d 20, 2016	%	6,15

Conds. Ambientales: 18,5 °C; 46%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si CG

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción en fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".