

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



## **TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

---

“Efecto de la proporción de almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad Blanca: goma guar y pH en las propiedades reológicas, estabilidad en congelación y firmeza de relleno de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*). ”

---

### **Área de Investigación:**

Hidrocoloides – Ingeniería Alimentos

### **Autor:**

Br. Vergaray Herrera Danny Miguel

### **Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Ing. Dr. Lescano Anadón, Carlos Eduardo

**Secretario:** Ing. Dra. Pretell Vásquez, Carla Consuelo

**Vocal:** Ing. Ms. Vásquez Senador, Max Martín

### **Asesor:**

Ing. Ms. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-2662-7421>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2022**

**Fecha de sustentación: 06/12/19**

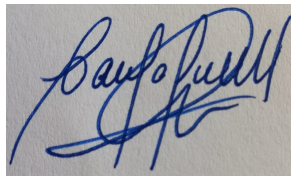
## APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS

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



---

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón  
Presidente



---

Ing. Dra. Carla Consuelo Pretell Vásquez  
Secretario



---

Ing. Ms. Max Martín Vásquez Senador  
Vocal



---

Ing. Ms. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A mis padres Agapito Vergaray y Rosa Herrera, por su apoyo y consejos en cada paso, para la realización de mi formación profesional. Por haberme dado tanto su sabiduría como comprensión y ternura.

A mi hermana Elizabeth gracias por pagar mis estudios y lograr el objetivo de culminar mi carrera profesional y ser mi mayor referente de superación.

A todos los docentes que me impartieron sus conocimientos e inculcaron valores en las aulas.

A Dios por haber permitido llegar hasta este momento, que es la culminación de mi profesión.

Al padre Celestial, Virgen de la Puerta, Sarita Colonia. Por bendecirme en todo lo que me propongo

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme brindado salud, fuerza en momentos de obscuridad.

A mi madre Rosa por brindarme siempre sus sabios consejos y su infinita paciencia para la culminación de mi carrera profesional.

A mi padre Agapito por haber estado conmigo desde el inicio hasta el final de mi profesión.

A mis hermanas María y Elizabeth por toda su ayuda en los momentos más difíciles.

A la Ing. Ms. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui, por ser una gran asesora y magnífica persona. Por toda la paciencia en la realización, desarrollo y culminación de este trabajo de investigación. Que Dios la bendiga siempre.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Relleno de frutas.....</b>	<b>5</b>
2.1.1. Definición.....	5
2.1.2. Elaboración del relleno de frutas.....	5
2.1.3. Ingredientes del relleno de frutas.....	7
2.1.4. Propiedades de flujo del relleno de fruta.....	10
2.1.5. Factores que afectan la elaboración de los rellenos de fruta.....	11
<b>2.2. Propiedades reológicas de fluidos alimenticios.....</b>	<b>11</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Lugar de ejecución.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Materiales y equipos.....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Materiales.....	14
3.2.2. Equipos .....	14
<b>3.3. Método experimental de relleno con aguaymanto .....</b>	<b>15</b>
3.3.1. Esquema experimental de la investigación de relleno de aguaymanto con almidón nativo de yuca y goma guar.....	15
3.3.2. Diagrama de flujo para la extracción de almidón nativo de yuca.....	17
3.3.3. Diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de aguaymanto.....	19
3.3.4. Elaboración de relleno de aguaymanto.....	21
<b>3.4. Métodos de análisis .....</b>	<b>24</b>
3.4.1. Propiedades reológicas .....	24

3.4.2. Firmeza.....	25
3.4.3. Estabilidad en congelación (sinéresis) .....	25
3.5. Métodos estadísticos .....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Efecto del almidón de yuca: goma guar y pH sobre las propiedades reológicas del relleno de aguaymanto .....	27
4.2. Efecto de la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH sobre estabilidad en congelación de relleno de aguaymanto.....	36
4.3. Efecto del almidón de yuca:goma guar y pH sobre la firmeza en relleno de aguaymanto.....	39
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	45
VIII. ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición nutricional de la pulpa de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> L.) .....	9
Cuadro 2. Codificación de los tratamientos evaluados .....	16
Cuadro 3. Formulación del relleno de aguaymanto.....	22
Cuadro 4. Prueba de Levene modificada para tensión mínima de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo de relleno de aguaymanto .....	33
Cuadro 5. Análisis de varianza para el esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto .....	34
Cuadro 6. Prueba Duncan para el esfuerzo mínimo de fluencia en relleno de aguaymanto .....	35
Cuadro 7. Prueba de Duncan para el coeficiente de consistencia en relleno de aguaymanto .....	35
Cuadro 8. Prueba de Duncan para el índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto.....	36
Cuadro 9. Prueba de Levene modificada para valores de sinéresis en relleno de aguaymanto.....	38
Cuadro 10. Análisis de varianza para sinéresis en relleno de aguaymanto .....	38
Cuadro 11. Prueba de Duncan para sinéresis en relleno de aguaymanto .....	39
Cuadro 12. Prueba de Levene modificada para valores de firmeza en relleno de aguaymanto .....	40
Cuadro 13. Análisis de varianza para firmeza en relleno de aguaymanto.....	41
Cuadro 14. Prueba de Duncan para la firmeza en relleno de aguaymanto .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esquema experimental para la investigación sobre el efecto de la proporción almidón de yuca: goma guar y pH en relleno de aguaymanto. ....	16
Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción de almidón nativo de yuca ...	18
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de aguaymanto. ....	20
Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de relleno de aguaymanto. ....	21
Figura 5. Geometría plato-plato rugoso.....	24
Figura 6. Vista plato rugoso fijo.....	24
Figura 7. Cilindro de extrusión.....	25
Figura 8. Curvas de flujo de los rellenos de aguaymanto en función a la .....	28
Figura 9. Curvas de flujo de los rellenos de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar para pH 3.5. ....	29
Figura 10. Valores del esfuerzo de corte inicial de relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH. ...	30
Figura 11. Valores del coeficiente de consistencia de relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH. ...	31
Figura 12. Valores del índice de comportamiento de flujo de relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca: goma guar y pH. ....	32
Figura 13. Valores de sinéresis en relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH. ....	37
Figura 14. Valores de firmeza en relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH. ....	40



**ÍNDICE DE ANEXOS**

	Pág
Anexo 1: Certificado de análisis de citrato de sodio para regular el Ph .....	50
Anexo 2: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo: goma guar a pH 3.0 .....	51
Anexo 2: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo: goma guar a pH 3.0 .....	52
Anexo 3: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo:goma guar a pH 3.5 .....	53
Anexo 3: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo:goma guar a pH 3.5 .....	54
Anexo 4: Valores de propiedades reológicas, sinéresis y firmeza en relleno con aguaymanto en la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH. ....	55
Anexo 5: Galería de fotografías .....	56

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la proporción de almidón de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.0:1.0 y 8.0:2.0) y del pH (3.0 y 3.5) en el esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo, sinéresis y firmeza de relleno de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Las muestras de relleno fueron elaboradas a partir de pulpa de aguaymanto, agua, azúcar, empleando como agente gelificante almidón de yuca:goma guar. La cocción se llevó a cabo hasta que la mezcla alcanzó una concentración de sólidos solubles de 35 °Brix. El pH de las mezclas (3.0 y 3.5) se reguló con la adición de ácido cítrico. Las muestras fueron envasadas en recipientes de vidrio de 250 mL a una temperatura no menor de 85 °C y se almacenaron en refrigeración (8°C) durante 24 h. El análisis estadístico indicó efecto significativo de la proporción de almidón de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.5:1.5, 9.0:1.0, 8.5:1.5 y 8.0:2.0) y pH (3.0 y 3.5), sobre el esfuerzo mínimo de fluencia y sinéresis, mientras que sólo la proporción de almidón de yuca:goma guar, presentó efecto significativo sobre el coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo y firmeza en relleno de aguaymanto. El tratamiento T7 con proporción de almidón de yuca:goma guar 8.5:1.5 y pH: 3.0, permitió obtener mayor valor de esfuerzo mínimo de fluencia (49.69 Pa), mayor coeficiente de consistencia (64.32 Pa.s<sup>n</sup>), mayor firmeza (8.12 N), menor valor de índice de comportamiento de flujo (0.26) y menor sinéresis (0.0%), en relleno en relleno de aguaymanto.

## ABSTRACT

The aim of this investigation was to evaluate the effect of the native cassava starch: guar gum ratio (10.0:0.0; 9.0:1.0 and 8.0:2.0) and pH (3.0 and 3.5) on the yield stress, consistency coefficient, flow behavior index, syneresis and firmness of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) fillings. The filling samples were elaborated from aguaymanto pulp, water and sugar, using cassava starch:guar gum as gelling agent. Cooking was carried out until the mixture reached a 35 °Brix of soluble solids concentration. The pH of the mixtures (3.0-3.5) was regulated with the addition of citric acid. Samples were packed in 250 mL glass containers at a temperature of not less than 85 °C and stored in refrigeration (8 °C) for 24 h. The statistical analysis indicated significant effect of the native cassava starch:guar gum ratios (10.0:0.0, 9.5:1.5, 9.0:1.0, 8.5:1.5 and 8.0:2.0) and pH (3.0 and 3.5), on yield stress and syneresis in aguaymanto filling, unlike the coefficient of consistency, index of flow behavior and firmness on which only the native cassava starch:guar gum ratio, presented a significant effect. The treatment T7 (cassava starch: guar gum 8.5:1.5 ratio and pH: 3.0), allowed to obtain the highest values of yield stress (49.69 Pa), consistency coefficient (64.32 Pa.s<sup>n</sup>), and firmness (8.12 N), and also the lowest values of flow behavior index (0.26) and syneresis (0.81%), in the aguaymanto filling.

## I. INTRODUCCIÓN

Los rellenos de frutas pertenecen a un grupo de preparaciones elaboradas a base de fruta, azúcar, agua y agentes estabilizantes y se utilizan como un componente de relleno en productos de panadería como pasteles, tortas, rosquillas, entre otros (Wei y otros, 2001). Estos rellenos deben ser estables, no solo a las altas temperaturas, típicas de los procesos de cocción, sino también bajo condiciones de almacenamiento congelado. Los rellenos termo-inestables tienden a degradarse dentro de la masa, tanto al momento de hornear, como durante el almacenamiento congelado, dando lugar a la sinéresis (Agudelo y otros, 2014).

La sinéresis, lleva a la liberación de grandes cantidades de agua, que puede humectar la superficie de la masa (Agudelo y otros, 2014), desmejorando así el aspecto exterior del producto terminado, haciéndolo no homogéneo y parcialmente pegajoso (Cropotova y otros, 2013a). La capacidad de retención de agua, así como el comportamiento de fusión de los rellenos de fruta dependen de la cantidad y el tipo de ingredientes y estabilizantes añadidos. Muchos hidrocoloides aumentan la estabilidad térmica al actuar sobre el punto de fusión y congelación de los rellenos de fruta, lo que lleva a la conservación de su estructura inicial a altas y bajas temperaturas, controlando el grado de sinéresis, por lo tanto, podrían ser utilizados en rellenos de panadería para lograr su estabilidad térmica (Agudelo y otros, 2014).

Uno de los principales hidrocoloides empleado como agente espesante es el almidón de yuca. Sin embargo, los almidones nativos de yuca tienen muchas desventajas para aplicaciones industriales tales como su insolubilidad en agua fría y la pérdida de viscosidad y el poder de espesamiento después de la cocción. Además, la retrogradación ocurre después de la pérdida de la estructura ordenada de gelatinización del almidón, lo que resulta en la sinéresis o separación de agua en almidón sistemas alimentarios (Agudelo y otros, 2014).

Una alternativa para mejorar las propiedades funcionales de almidones nativos es el uso de hidrocoloides, que podrían interactuar a través de interacciones

macromoleculares (Babic y otros, 2006; Ojijo y Shimoni, 2007). Se ha demostrado que hidrocoloides particulares afectan las propiedades reológicas del almidón de yuca de diferente manera (Breuninger y otros, 2009), debido en gran parte a la estructura molecular de los hidrocoloides y a las cargas iónicas del almidón y los hidrocoloides (Agudelo y otros, 2014).

Otro hidrocoloide ampliamente utilizado en la industria alimentaria es la goma guar. Esta goma se obtiene del endospermo de la semilla leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus* (planta anual); su estructura química es ramificada y la cadena principal consiste en unidades de  $\beta$ -D-manopiranosas unidas  $\beta(1,4)$ , a la cual se le añaden ramas de  $\alpha$ -D-galactopiranosas por enlaces  $\alpha(1,6)$ . Carece de grupos ionizables lo cual lo hace prácticamente inalterable a los cambios de pH (estable en intervalo 1.0 – 10.5) pero su máxima capacidad de hidratación se alcanza a pH 7.5 – 9.0, siendo afectada levemente por la presencia de sales debido a su conformación con azúcares neutros. Es soluble en agua fría (aunque puede tolerar concentraciones de solventes miscibles al agua), y su solubilidad aumenta al disminuir el tamaño de partícula y aumentar la temperatura (Badui, 2013); sin embargo, no gelifica y su principal uso es como espesante, estabilizante y ligante de agua. Es el espesante acuoso más eficiente que se conoce. Sus soluciones son no newtonianas, clasificadas como pseudoplásticas (Pasquel, 2001) y su aplicación se da en aderezos, salsas, productos elaborados a partir de jitomate, en productos lácteos y bebidas de frutas (Badui, 2013).

El aguaymanto, uchuva o bien ushun (*Physalis peruviana* L.) pertenece a la familia de las solanáceas, por lo tanto, posee características similares a la familia de la papa, el tomate y el tabaco, aun cuando su crecimiento es arbustivo. Oriundo de los andes peruanos, el aguaymanto es conocido como fruta nativa desde la época de los Incas. Era una de las plantas preferentes del jardín de los nobles y particularmente fue cultivada en el Valle Sagrado de los Incas. Este fruto cambia de nombre según la región de procedencia. Por ejemplo, en Cusco se llama aguaymanto, mientras que en Cajamarca es conocido como capulí

(Becerra, 2019). En la actualidad ha conquistado importantes mercados en la Unión Europea y Estados Unidos (Koechlin, 2016).

Entre el 2013 y el 2015 la exportación de aguaymanto experimentó un crecimiento de 161%, gracias a la identificación de nuevos nichos de mercado, mayores presentaciones y capacitación de toda la cadena de valor en la que los pequeños productores tienen un papel protagónico. En el 2015 se despachó a 34 mercados por US\$ 1.8 millones, monto 15% superior al del 2014 (US\$ 1.5 millones) y al del 2013 cuando fue de US\$ 687,341. Los cuatro principales destinos, Países Bajos, Alemania, EE.UU. y Canadá, representaron el 73% del total. Otros son Francia, Japón, Corea del Sur, que tiene un gran potencial, Reino Unido, Nueva Zelanda, Australia y Chile, entre otros (Koechlin, 2016)

El Programa Nacional Berries de Sierra Exportadora apoya desde el 2015 a 2,000 pequeños productores de las principales regiones productoras. En adición, la sede de Junín, entregó paquetes tecnológicos para el cultivo (control de enfermedades, manejo de agroquímicos, entre otros), cosecha, post cosecha y técnicas de deshidratación y articuló la oferta con la demanda de compradores nacionales y extranjeros. En el 2015, el Perú exportó principalmente aguaymanto orgánico deshidratado, aguaymanto en conserva, cubierto de chocolate, en almíbar, mermelada, néctar, pulpa, entre otros (Koechlin, 2016).

Sin embargo, la alta perecibilidad del aguaymanto y mermas, debido a calibres pequeños, hace necesario investigar alternativas de conservación y/o transformación para aprovechar las bondades de este fruto.

Por lo tanto, en este trabajo se investiga el comportamiento reológico y funcional de muestras de relleno de fruta a base de pulpa de aguaymanto, con adición de mezclas de almidón nativo de yuca:goma guar, y efecto del pH, para estandarizar y estabilizar estos productos ampliamente utilizados en la industria pastelera.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de la proporción de almidón nativo de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.5:0.5; 9.0:1.0 y 8.5:1.5) y pH (3.0 y 3.5) sobre el esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo, estabilidad en congelación y firmeza en relleno de aguaymanto?

Los objetivos propuestos para esta investigación fueron los siguientes:

Evaluar el efecto de cuatro proporciones de almidón nativo de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.5:0.5; 9.0:1.0 y 8.5:1.5) y dos pH (3.0 y 3.5) sobre el esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo, estabilidad en congelación y firmeza, en relleno de aguaymanto.

Determinar la proporción de almidón nativo de yuca:goma guar y pH que permita obtener mayor valor de esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia mayor estabilidad en congelación y firmeza y menor valor de índice de comportamiento de flujo, en relleno de aguaymanto.

## II. REVISION DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. Relleno de frutas

#### 2.1.1. Definición

Los rellenos de frutas (*fruit fillings*) son productos elaborados a base de almidón de maíz modificado, como ingrediente base, mezclados con pulpas de frutas tales como el aguaymanto, jarabe de fructosa, agua, acidulante, conservante y estabilizante (no menos de 0.3% del peso total), sometido a tratamiento térmico. Presentan características termoestables durante el horneado y procesos de congelación/descongelación y son utilizados como ingrediente en la elaboración de pasteles, empanadas, rosquillas y queques. Las gomas más utilizadas como estabilizante en las formulaciones de relleno de fruta son: guar, xantana, algarroba, carboximetil celulosa y Kappa carragenina (Wei y otros, 2001).

#### 2.1.2. Elaboración del relleno de frutas

Para la elaboración de los rellenos de fruta se deben considerar dos etapas de calentamiento:

- Calentamiento durante la preparación relleno de fruta (un paso intermedio en la fabricación industrial)
- Calentamiento en el horno durante la cocción de las pastas.

El calentamiento afecta a la calidad de los rellenos de fruta a base de almidón nativo, debido a la gelatinización y degradación del almidón por calentamiento a bajos valores de pH.

Otro paso clave para formulaciones de relleno de fruta es su estabilidad durante el almacenamiento en refrigeración/congelación, antes o después de la cocción. Además, ciclos repetidos de congelamiento-descongelamiento durante la cadena de suministro conduce a sinéresis y a



cambios en las propiedades reológicas (Pongsawatmanit y Srijunthongsiri, 2008).

### **2.1.3. Ingredientes del relleno de frutas**

#### **a. Almidón de yuca**

El almidón de yuca se obtiene de las raíces de la planta, que se encuentra en las regiones ecuatoriales entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio. El nombre de la yuca se aplica generalmente a las raíces de la planta, mientras que la yuca es el nombre dado al almidón y otros productos transformados. El contenido de almidón en las raíces de yuca puede variar entre 15 a 33% y se diferencia de otros almidones por su bajo contenido de amilosa. La principal aplicación del almidón de yuca es en la industria alimentaria, como ingrediente espesante y estabilizante, sin aporte de sabor, lo que permite la detección inmediata y completa del sabor de la comida (Breuninger y otros, 2009).

Según Zhu (2015), el almidón se compone de dos componentes moleculares principales, amilosa y amilopectina. El contenido de amilosa es un atributo importante de la calidad del almidón de yuca y determina diversas propiedades y propósitos de uso final. La forma de los gránulos se ha descrito como ovalado, truncado, y redondeado, siendo observado por diversas técnicas microscópicas (microscopía electrónica de barrido y microscopía de luz). La superficie de los gránulos de almidón de yuca, ha sido determinada por microscopía de fuerza atómica, para revelar los detalles estructurales y se ha observado depresiones y salientes en la superficie de los gránulos de almidón y en comparación con el almidón de papa, los gránulos de almidón de yuca, presentan una superficie más lisa. El tamaño de los gránulos varía desde aproximadamente 2 a 32  $\mu\text{m}$ .

#### **b. Pulpa de aguaymanto**

Pulpa de aguaymanto es el producto sin fermentar, obtenido mediante procedimientos idóneos, como tamizando, triturando o desmenuzando la parte comestible de la fruta entera sin eliminar el zumo (jugo). El aguaymanto deberá estar en buen estado, debidamente maduro y fresco, o conservado por procedimientos físicos o por tratamientos aplicados de conformidad con las

disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius (Codex Stand, 2005).

Características organolépticas de la pulpa de aguaymanto (Pacific Fruit, 2018).

- Color. Amarillo naranja característico.
- Sabor y olor. Característicos de la fruta madura y fresca.
- Apariencia. Libre de grumos y/o cualquier elemento extraño.
- Defectos. 0% materiales extraños.

Características fisicoquímicas de la pulpa de aguaymanto (Pacific Fruit, 2018).

- Sólidos solubles expresados como °Brix: 11-13 °Brix
- pH: 3.4-3.6
- Acidez expresada como ácido cítrico: 1.8-2%

Características microbiológicas de la pulpa de aguaymanto (Pacific Fruit, 2018).

- Recuento de mesófilos aerobios ufc/g:<10
- Recuento de coliformes totales ufc/g: <10
- Recuento de *E. coli* ufc/g o mL: <10
- Recuento de esporas de *Salmonella* sp.: ausencia
- Recuento de *Listeria* ufc/g o mL: ausencia.

La composición nutricional de la pulpa de aguaymanto se presenta en el Cuadro 1. Es una excelente fuente de provitamina A, fósforo y complejo vitamínico B. Es usada como sedante y fuente natural de antioxidantes

gracias a la gran cantidad de flavonoides que posee, contra la tos, fiebre y presenta propiedades diuréticas. Por otro lado, debido a su sabor agradable, es usado en la preparación de mermeladas, jugos, helados, yogures, tortas, rellenos de chocolate y cocteles (Pacific Fruit, 2018).

Cuadro 1. Composición nutricional de la pulpa de aguaymanto  
(*Physalis peruviana* L.)

Componente	en 100 g porción comestible
Energía (J)	225.94
Agua (g)	76.9
Proteínas (g)	1.1
Grasa (g)	0.4
Carbohidratos (g)	13.1
Fibra (g)	4.8
Cenizas (g)	1.0
Calcio (mg)	7.0
Fósforo (mg)	38.0
Hierro (mg)	1.2
Pro vitamina A (UI)	648
Tiamina (mg)	0.18
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina (mg)	1.3
Ácido ascórbico (mg)	26

Fuente: Pacific Fruit (2018).

Con una buena cantidad de hierro y fósforo, esta pequeña fruta de rico sabor y aroma concentra gran cantidad de antioxidantes, lo que ayuda a prevenir el envejecimiento celular y la aparición del cáncer. Además, se caracteriza por ser una excelente fuente de provitamina A con concentraciones que pueden llegar a las 3000 UI (6 veces más que los tomates) y vitamina C con niveles de aproximadamente 20 a 50 mg, muy cercano a las

cantidades presentes en la naranja. Posee algunas del complejo de vitamina B (tiamina, niacina y vitamina B12) (Rivera, 2019).

### c. Goma guar

Esta goma se obtiene del endospermo de la semilla leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus* (planta anual); su estructura química es ramificada y la cadena principal consiste en unidades de  $\beta$ -D-manopiranosas unidas  $\beta$  (1,4), a la cual se le añaden ramas de  $\alpha$ -D-galactopiranosas por enlaces  $\alpha$  (1,6). Carece de grupos ionizables lo cual lo hace prácticamente inalterable a los cambios de pH (estable en intervalo 1.0 – 10.5) pero su máxima capacidad de hidratación se alcanza a pH 7.5 – 9.0; la presencia de sales la afecta poco ya que está conformada por azúcares neutros (Badui, 2013).

Es soluble en agua fría (aunque puede tolerar concentraciones de solventes miscibles al agua), y su solubilidad aumenta al disminuir el tamaño particular de la goma y aumentar la temperatura (Badui, 2013); sin embargo, no gelifica, y su principal uso es como formador de cuerpo, estabilizante y ligante de agua. Es el espesante acuoso más eficiente que se conoce. Sus soluciones son no newtonianas, clasificadas como pseudoplásticas (Pasquel, 2001).

Su aplicación se da en aderezos, salsas, productos elaborados a partir de jitomate, en productos lácteos y bebidas de frutas (Badui, 2013).

#### 2.1.4. Propiedades de flujo del relleno de fruta

Las propiedades de flujo de los rellenos de fruta son, entre otras el mayor atributo de aceptabilidad del consumidor. Sin embargo, muchos estudios de calidad de los rellenos de fruta han sido enfocados en la retención del color, mientras que las propiedades de flujo han sido raramente mencionadas. Se han reportado estudios de propiedades de flujo de rellenos de fruta empleando el consistómetro de Boswick para generar los datos de flujo como respuesta a una fuerza fija y han sido clasificados como fluidos no newtonianos que siguen el modelo Herschel-Bulkley (Wei y otros, 2001).

No existe mucha información disponible sobre el efecto de la adición de pulpa de fruta en sistemas a base de almidón/hidrocoloide. Los resultados reportados por algunos autores indican que la adición de pulpa de fruta modifica las propiedades reológicas del relleno y cambia su textura, y que estos efectos dependen de una serie de factores como: pH, cantidad de fruta agregada, tipo de fruta, tamaño de partícula de la pulpa de fruta, contenido de sólidos solubles, tipo de hidrocoloide y la concentración y la interacción entre estos factores (Baiano y otros, 2012; Basu y Shivhare, 2010; Wei y otros, 2001).

### **2.1.5. Factores que afectan la elaboración de los rellenos de fruta**

El desarrollo y formulación de productos, al igual que en otras industrias, es una actividad sumamente importante para la industria de mermeladas y rellenos de frutas. La calidad del producto final es el principal determinante de la elección del consumidor. Evidentemente, son los ingredientes los que determinan dicha calidad tanto en términos subjetivos (calidad sensorial) como objetivos (composición, valor nutricional, etc.) (Basu y Shivhare, 2010).

La comprensión de las interacciones de los componentes del sistema o matriz que contiene el almidón será de máxima importancia para el control del proceso y para mejorar la textura y otros atributos de calidad de los productos finales (Biliaderis 2009). En los rellenos de fruta se añaden ingredientes (almidones, hidrocoloides, azúcares, ácidos y fruta entre otros) que pueden desarrollar interacciones, y que sumados a ciertos factores de proceso pueden alterar la calidad final del producto. Es necesario, por tanto, un conocimiento claro de las propiedades reológicas, texturales y sensoriales, con el objetivo de desarrollar nuevos productos y equipos y mejorar los procesos, así como ayudar en el control de calidad (Agudelo y otros, 2015).

## **2.2. Propiedades reológicas de fluidos alimenticios**

Si un fluido perfecto se coloca entre las placas, la velocidad de cizallamiento será linealmente proporcional a la tensión de cizallamiento ( $\sigma$ ) aplicada. La constante de proporcionalidad se denomina viscosidad ( $\eta$ ) (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2003) y representa la resistencia de flujo. Tales fluidos se

denominan fluidos newtonianos, ejemplos de los cuales son agua, aceites, leche y jugos clarificados (Augusto y Vitali, 2014).

Sin embargo, la mayoría de los alimentos se comportan de manera diferente bajo flujo. Fluidos cuyo comportamiento se desvía de la ley de Newton se denominan fluidos no newtonianos, y están definidas por algunos diferentes cambios estructurales durante el flujo (Augusto y Vitali, 2014).

Cuando el producto está compuesto de partículas de forma irregular en suspensión (tales como la pulpa de frutas, que se compone de células de tejido de fruta y sus fragmentos, paredes celulares, y cadenas de polímeros insolubles ramificados), presentan mayor resistencia a fluir. Sin embargo, cuando aquellas estructuras en suspensión tienden a alinearse en la dirección del flujo, se reduce la resistencia global. Por lo tanto, este tipo de fluido, donde la resistencia al flujo disminuye a medida que aumenta la velocidad de cizallamiento, se llama pseudoplástico. Este fluido no puede ser descrito por la ley de Newton debido a que su "viscosidad" no es una propiedad constante, pero es una función decreciente de la velocidad de cizallamiento (Augusto y Vitali, 2014).

Además, otro comportamiento de flujo puede observarse en los productos alimenticios debido a una importante propiedad llamada tensión de fluencia ( $\sigma_0$ ) que está relacionada con las interacciones entre partículas (Augusto y Vitali, 2014).

El esfuerzo mínimo de fluencia ( $\sigma_0$ ) es el esfuerzo de corte mínimo requerido para iniciar el flujo de producto, que está relacionado con la estructura interna del material, que debe romperse para permitir el flujo (Genovese y Rao, 2005). La presencia de un esfuerzo mínimo es una característica típica de los materiales multifásicos, tales como pulpas y jugos de frutas, que se forman por la dispersión de los componentes insolubles (materiales de paredes celulares) en una solución acuosa (solución azucarada con minerales, proteínas y polisacáridos solubles) y sus propiedades de flujo son descritas por el modelo de Herschel-Bulkley (Ecuación 1), modelo ampliamente utilizado para caracterizar

los productos alimenticios (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2003; Augusto y Vitali, 2014).

$$\sigma = \sigma_0 + k * \left( \dot{\gamma} \right)^\eta \quad (1)$$

Donde el parámetro  $k$ , conocido como el coeficiente de consistencia, que se relaciona con la consistencia fluida y su resistencia al flujo y el parámetro  $\eta$ , conocido como el índice de comportamiento de flujo, que describe el comportamiento de flujo de bajo cizallamiento. Un fluido Herschel-Bulkley también requiere un esfuerzo superior a su límite de elasticidad para comenzar a fluir; a continuación, se comporta como un fluido pseudoplástico, con disminución de la viscosidad aparente con respecto a la velocidad de cizallamiento (Augusto y Vitali, 2014).

También es importante observar que la cantidad de fase dispersa en la suspensión puede cambiar la clasificación reológica del fluido. Los zumos de fruta, por ejemplo, pueden comportarse como fluidos pseudoplásticos o Herschel-Bulkley, en relación con la cantidad y tipo de pulpa. Sin embargo, debido a la adición de hidrocoloides se comportan como fluidos Herschel-Bulkley (Augusto y Vitali, 2014).

Se han propuesto otros modelos matemáticos para describir el comportamiento reológico de fluidos, tales como la Casson, Mizrahi-Berk, Sisko, Ellis, y los modelos Vocadlo, que describen el esfuerzo cortante como una función de la velocidad de cizallamiento, y el modelo de Cross y Carreau, que describe la viscosidad aparente como una función de la velocidad de cizallamiento. Sin embargo, la mayoría de fluidos se pueden describir mediante el modelo Herschel-Bulkley (Augusto y Vitali, 2014).



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Esta tesis se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego (elaboración de pulpa de aguaymanto y almidón de yuca) Laboratorio de Ingeniería de Operaciones de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo (características reológicas, estabilidad en congelación y firmeza).

#### **3.2. Materiales y equipos**

##### **3.2.1. Materiales**

- Yuca variedad Blanca procedente del distrito de Nuevo Arica, provincia Chiclayo, región Lambayeque.
- Aguaymanto, procedente de la provincia de Celendín, Región Cajamarca.
- Goma guar: Marca Linros
- Azúcar refinada. Marca Sol de Laredo
- Ácido cítrico. Marca Linros
- Citrato de sodio. Marca Linros
- Bisulfito de sodio. Marca Linros

##### **3.2.2. Equipos**

- Balanza analítica. Marca, modelo GR-200, Capac. 210 g aprox. 0.0001 g. Lab UNT
- Agitador Magnetic Stirrer MMS-3000. Marca Boeco, Germany.

- Estufa. Marca MEMMERT, modelo UNE-300 Rango 20°C, precisión 0.5°C. Lab UNT
- Pulpeadora de frutas. Marca Vulkano.
- Cocina eléctrica. Marca Selecta. Lab UNT
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango -10 a 100°C. Precisión  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Lab UNT
- Reómetro. Marca Thermo Fisher Scientific. Modelo Haake MARS-60. Lab UNT
- Analizador de textura. Marca Stable Micro System. Modelo TA. HD Plus. Con celda de 49 N. Lab UNT
- Licuadora semi industrial. Marca International. Modelo. LI 12 VAM. Lab UNT
- Centrifuga Combo V24. Marca LW Scientific. Modelo CMP-BX7N- 7701. Lab UNT.

### **3.3. Método experimental de relleno con aguaymanto**

#### **3.3.1. Esquema experimental de la investigación de relleno de aguaymanto con almidón nativo de yuca y goma guar**

Se empleó un diseño experimental factorial 4 x 2 con 3 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales. En la Figura 1 se presenta el esquema experimental del presente trabajo de investigación. Son variables independientes: proporción de almidón nativo de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.5:1.5; 9.0:1.0 y 8.5:1.5) y pH (4.0 y 5.0); y variables dependientes: esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo ( $\sigma_0$ ,  $k$ ,  $\eta$ ), estabilidad en congelación y firmeza en relleno de aguaymanto.

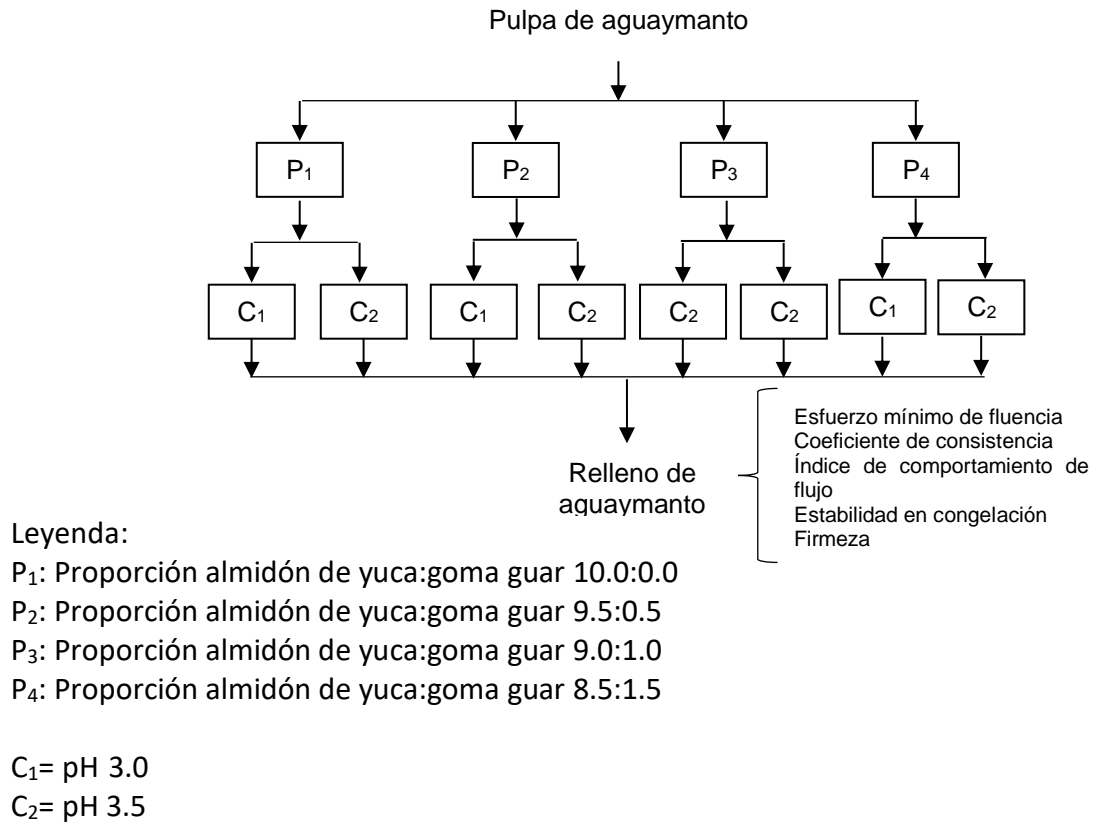


Figura 1. Esquema experimental para la investigación sobre el efecto de la proporción almidón de yuca: goma guar y pH en relleno de aguaymanto.

En el Cuadro 2 se presenta la codificación de los tratamientos evaluados

Cuadro 2. Codificación de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Proporción almidón de yuca:goma guar	pH
T1	10.0:0.0	3.0
T2	10.0:0.0	3.5
T3	9.5:0.5	3.0
T4	9.5:0.5	3.5
T5	9.0:1.0	3.0
T6	9.0:1.0	3.5
T7	8.5:1.5	3.0
T8	8.5:1.5	3.5

### 3.3.2. Diagrama de flujo para la extracción de almidón nativo de yuca

En la Figura 2. Se presenta las operaciones para la extracción de almidón de yuca, según el método descrito por Aristizábal y Sánchez (2007). A continuación, se describe cada una de las operaciones.

Recepción. Se recibieron 20 kg de yuca blanca.

Selección. Se seleccionaron yucas sanas y exentas de podredumbre o deterioro, libre de plagas que afecten al aspecto general del producto.

Clasificación. El peso de la raíz estuvo entre 200-250 g para uniformizar el tamaño de muestra.

Lavado. Las yucas fueron lavadas por aspersión con agua potable a 22 °C a fin de extraer el material contaminante.

Pelado. Las yucas fueron peladas a mano, empleando cuchillos de acero inoxidable.

Corte y triturado. Las yucas fueron cortadas en trozos y fueron colocadas en una licuadora semi industrial con el fin de triturarlas y obtener una suspensión uniforme, con una relación de agua sulfitada: yuca 2:1. Se empleó solución de agua sulfitada con concentración de bisulfito de sodio de 0.075/100 solución, con el fin de inhibir el pardeamiento enzimático.

Filtrado. La suspensión de almidón se pasó a través de un tamiz con abertura de malla de 100  $\mu\text{m}$  para eliminar la fibra.

Sedimentación 1. La suspensión de almidón se colocó en baldes de plástico de 10 L de capacidad y se dejó reposar durante 3 horas para que sedimente el almidón.

Lavado y filtrado. El almidón sedimentado fue removido manualmente y lavado con agua en una proporción agua: almidón 2:1. La suspensión se pasó a través de un tamiz con abertura de malla de 120  $\mu\text{m}$  para eliminar la fibra remanente.

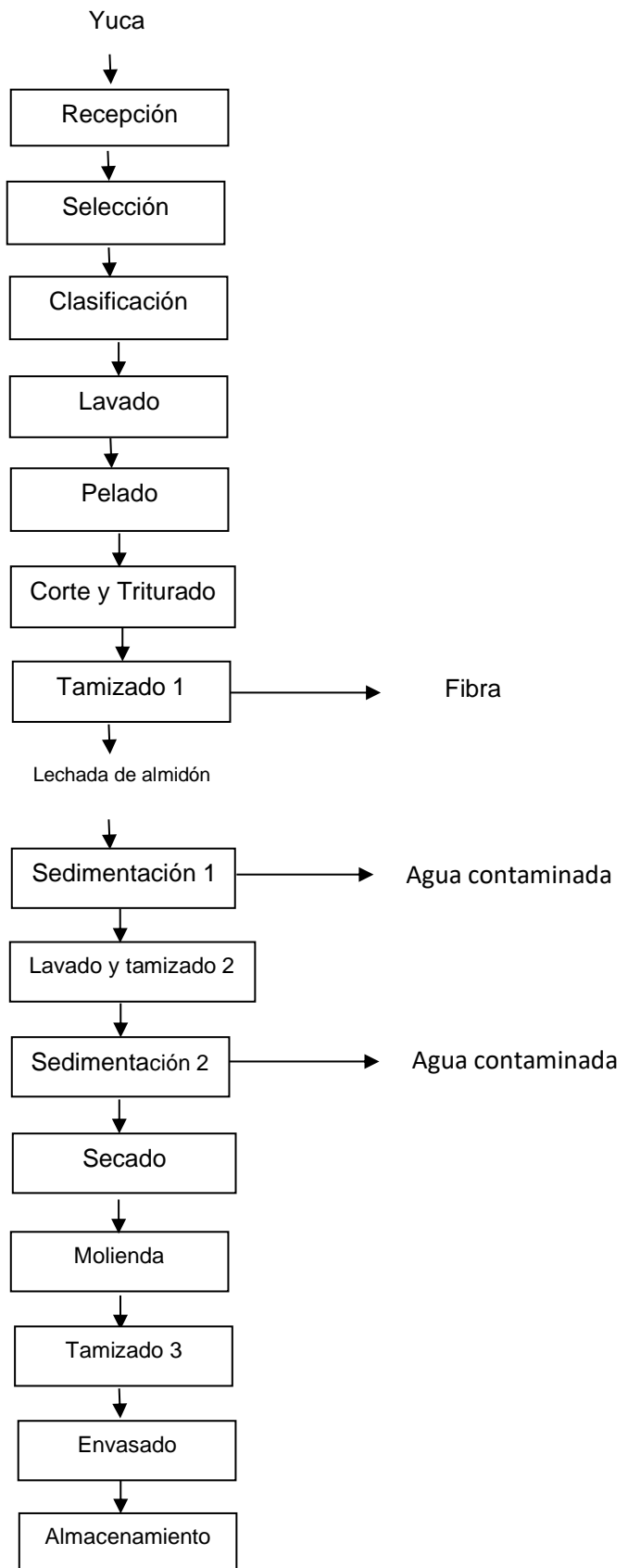


Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción de almidón nativo de yuca

Sedimentación 2. La suspensión de almidón se colocó en baldes de plástico de 10 L de capacidad y se dejó reposar durante 3 horas para que sedimente el almidón.

Secado. Se eliminó el sobrenadante y el almidón sedimentado se colocó en bandejas de acero inoxidable, con capacidad de 500 g y se secó en estufa de aire forzado a 37 °C, para evitar la modificación del almidón, hasta una humedad de 8%.

Molienda. Se efectuó en un molino de martillos para reducir el tamaño de partícula.

Tamizado. Se realizó pasando el almidón a través de una malla 100  $\mu\text{m}$ .

Envasado. Se realizó en bolsas de polietileno de baja densidad de 0.25 kg de capacidad y 80  $\mu\text{m}$  de espesor.

Almacenamiento. Se realizó a temperatura ambiente, alrededor de 25 °C.

### **3.3.3. Diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de aguaymanto**

Recepción. Se recepcionó aguaymanto en jabas de plástico.

Descascarado. Se retiró el capuchón de la parte comestible en forma manual.

Lavado y desinfección. El lavado se realizó con la finalidad de eliminar los residuos de tierra existentes en la fruta y el desinfectado se realizó por inmersión en agua clorada (100 ppm) durante 5 min.

Escaldado. Se realizó por inmersión en agua a 100 °C durante 5 min con la finalidad de inactivar enzimas oxidativas.

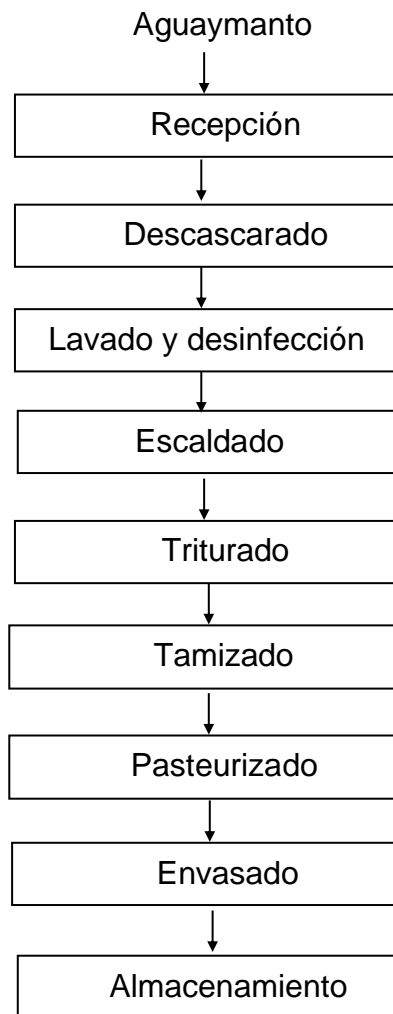


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de aguaymanto.

Fuente: Pacific Fruit (2018).

Triturado. Los frutos fueron triturados en una licuadora semi industrial.

Tamizado. La fruta triturada fue tamizada en una pulpeadora de frutas con malla 0.5 mm para uniformizar el tamaño de partícula.

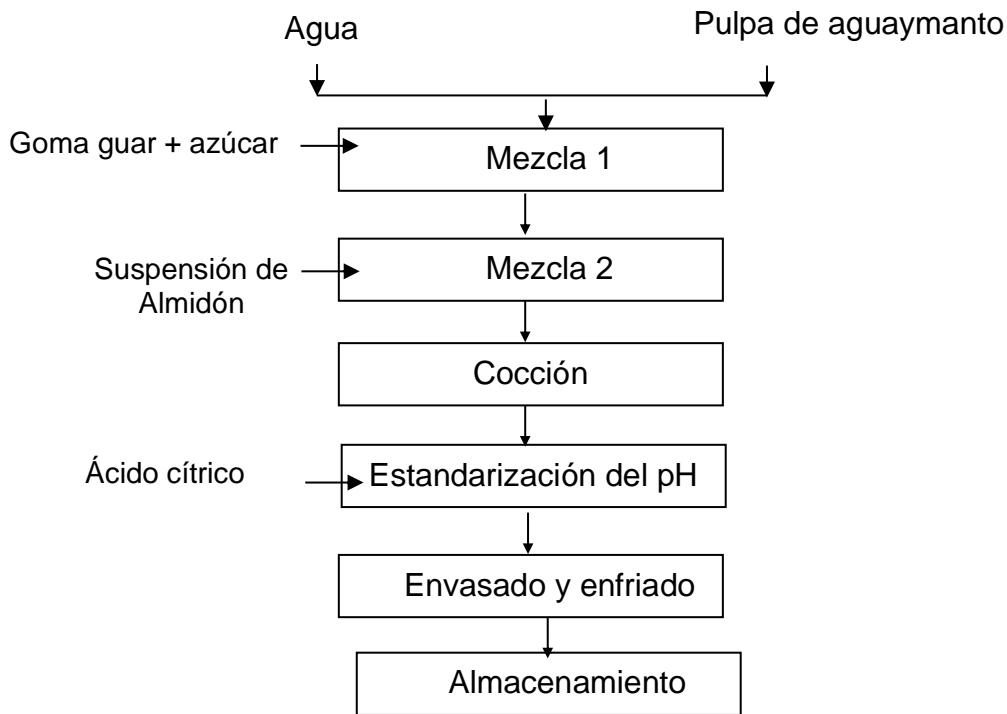
Pasteurizado. La pulpa de aguaymanto fue pasteurizada a 85 °C x 15 min con el fin de eliminar la carga patógena y asegurar su conservación.

Envasado. Se realizó en baldes de 0.5 kg a una temperatura de llenado no menor de 85 °C.

Almacenamiento. Se realizó a temperatura de refrigeración (2 °C) hasta su posterior uso en la elaboración del relleno de aguaymanto.

### 3.3.4. Elaboración de relleno de aguaymanto

El diagrama de flujo para la elaboración del relleno de aguaymanto se muestra en la Figura 4 y se empleó el procedimiento descrito por Agudelo y otros (2014).



Fuente: Agudelo y otros (2014).

Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de relleno de aguaymanto.

En el Cuadro 3 se presenta la formulación del relleno de aguaymanto.

#### Mezcla 1

Se colocó en un recipiente de plástico, la pulpa de aguaymanto y agua (50% del total) y se calentó a 60 °C durante 5 min, agitando manualmente. Se adicionó goma guar mezclada con el azúcar y se agitó con un agitador magnético hasta que se encuentre totalmente disuelta.



### Mezcla 2

Se añadió a la mezcla 1 (60 °C) el almidón dispersado en agua fría (40% del total), continuando la agitación y calentamiento durante 2 min.

Cuadro 3. Formulación del relleno de aguaymanto

Ingrediente	Formulación base		F1		F2		F3	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Pulpa de aguaymanto	20.0	100	20.0	100.0	20.0	100.0	20.0	100.0
Azúcar	35.0	175	35.0	175.0	35.0	175.0	35.0	175.0
Agua	39.0	195	39.0	195.0	39.0	195.0	39.0	195.0
Almidón de yuca	6.0	30	5.5	28.5	5.0	27.0	4.5	25.5
Goma guar	0.0	0.0	0.5	1.5	1.0	3.0	1.5	4.5
Total	100.0	500	100.0	500.0	100.0	500.0	100.0	500.0

Fuente: Basada en Agudelo y otros (2014).

### Cocción

Una vez preparada la mezcla, la temperatura se incrementó a 90 °C, continuando el calentamiento y la agitación durante 30 min. Se adicionó 100 mL de agua para uniformizar los sólidos solubles a 35 °Brix.

### Estandarización del pH

Se estandarizó el pH de la mezcla (3.0 y 3.5) con la adición de solución de ácido cítrico.

### Envasado y enfriamiento

Las muestras fueron envasadas en recipientes de vidrio de 250 g a una temperatura no menor de 85 °C.

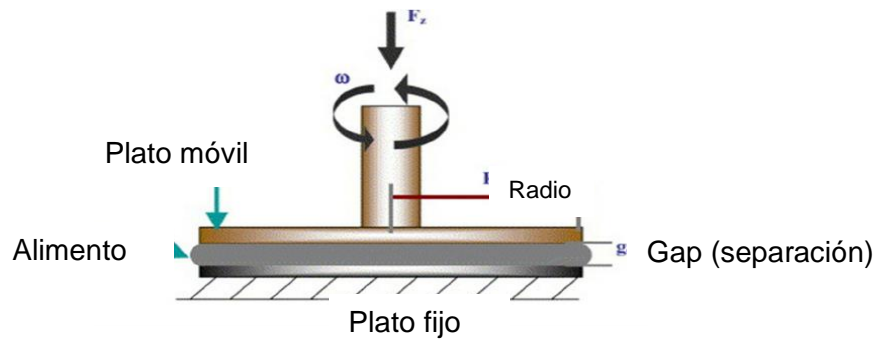
### Almacenamiento

Las muestras fueron almacenadas en refrigeración (8 °C) durante 24 h, hasta su posterior análisis. Antes del análisis, se estabilizaron las muestras durante 1 h a temperatura ambiente.

### 3.4. Métodos de análisis

#### 3.4.1. Propiedades reológicas

Las propiedades reológicas, esfuerzo mínimo de flujo, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo ( $\sigma_0$ ,  $k$ ,  $\eta$ ), fueron determinadas a partir de las curvas de flujo obtenidas con un reómetro (HAAKE MARS 60) utilizando la geometría plato-plato rugoso (40 mm de diámetro) (Figura 5). Se empleó separación entre placas (gap) de 1 mm y las mediciones del esfuerzo de corte se realizaron cada segundo, por 60 segundos en el rango descendente de 60.23 a 1.256 (1/s) de velocidad de corte (Anexo 1). Antes de las mediciones, las muestras se mantuvieron entre las placas por un tiempo de 2 min a 20 °C que es la temperatura constante de todas las mediciones (Agudelo y otros, 2014). En la Figura 6 se presenta una vista del plato fijo.



Fuente: Texture Technologies y Stable Micro Systems (2016).

Figura 5. Geometría plato-plato rugoso



Fuente: Texture Technologies y Stable Micro Systems (2016).

Figura 6. Vista plato rugoso fijo

Para determinar los parámetros reológicos se utilizó el modelo de Herschel-Bulkley, evaluándose que el esfuerzo mínimo de fluencia, índice de comportamiento de flujo y el coeficiente de consistencia. Se utilizó el software estadístico Minitab 18.0 con la función regresión no lineal.

### 3.4.2. Firmeza

La firmeza, fue medida con un analizador de textura (TA HD Plus) equipado con una celda de extrusión de 50 mm de diámetro, con una luz de 10 mm entre el recipiente de la muestra y el émbolo de disco. En los ensayos de compresión se utilizó una velocidad 10 mm/s. La duración de la prueba fue establecida a 15 s (Arocas y otros, 2009). Las muestras se colocaron en el cilindro de extrusión (Figura 7) y se estabilizaron en un baño de agua a 20 °C durante 10 min antes de tomar las mediciones. Se registraron el perfil de desplazamiento y se determinó la firmeza ( $F_{max}$ , en N) en la figura generada (Anexo 12), como el índice de extrusión (Cevoli y otros, 2013).



Fuente: Texture Technologies y Stable Micro Systems (2016).

Figura 7. Cilindro de extrusión

### 3.4.3. Estabilidad en congelación (sinéresis)

La estabilidad en congelación se midió en función a la sinéresis obtenida después de almacenar las muestras durante 48 h a una temperatura de -18 °C. Se empleó el método utilizado por Muadklay y Charoenrein (2008) con algunas modificaciones. Se pesó 10 g de relleno, correspondiente a cada tratamiento, previamente mantenido a temperatura ambiente (25 °C) por 2 h, en un tubo y se centrifugó a 5000 rpm durante 15 min. Posteriormente se eliminó el sobrenadante y las muestras fueron pesadas y por diferencia de peso se

determinó el peso del líquido liberado. La sinéresis se expresó como la cantidad de líquido liberado por 100 g de la muestra (Ecuación 4) (Agudelo y otros, 2014).

$$\% \text{ Sinéresis} = \frac{\text{Peso líquido eliminado}}{\text{Peso inicial muestra}} * 100 \quad (4)$$

### 3.5. Métodos estadísticos

El diseño estadístico corresponde a un arreglo factorial de 4x2 con tres repeticiones y 24 muestras experimentales. Para evaluar el efecto la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH en las propiedades reológicas, sinéresis y firmeza de relleno de aguaymanto, se aplicó la Prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, luego se aplicó un análisis de varianza (ANVA) ( $\alpha=0.05$ ). Finalmente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%. Para el desarrollo de las figuras se usó el software estadístico Minitab 18 y para el procesamiento estadístico el software IBM-SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 24.0.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Efecto del almidón de yuca: goma guar y pH sobre las propiedades reológicas del relleno de aguaymanto

En el Cuadro 4 se resume los valores de las propiedades reológicas del relleno de aguaymanto, y en las Figuras 8 y 9 se muestran las curvas de flujo de los rellenos de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar para pH 3.0 y 3.5, respectivamente. Como se observa, todos los tratamientos mostraron comportamiento no newtoniano, tipo plástico general cuyo esfuerzo de corte se incrementó al aumentar la velocidad de corte. Los detalles de los valores experimentales de la velocidad de corte y esfuerzo de corte se muestran en los Anexos 2 y 3 y en el Anexo 4 los datos de esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia y índice de comportamiento de flujo.

Cuadro 4. Propiedades reológicas del relleno de aguaymanto

Tratamiento	pH	Proporción almidón de yuca: goma guar	Esfuerzo mínimo de fluencia (Pa)	Coeficiente de consistencia (Pa.s <sup>n</sup> )	Índice de comportamiento de flujo
T1	3.0	10.0:0.0	13.95±2.29	4.27±0.29	0.69±0.02
T2	3.0	9.5:0.5	14.22±1.43	7.40±0.29	0.45±0.01
T3	3.0	9.0:1.0	17.57±1.15	8.48±0.60	0.48±0.02
T4	3.0	8.5:1.5	49.69±2.40	24.65±1.73	0.36±0.01
T5	3.5	10.0:0.0	9.62±3.43	4.88±2.00	0.65±0.09
T6	3.5	9.5:0.5	12.03±1.18	9.17±2.41	0.46±0.05
T7	3.5	9.0:1.0	13.79±4.96	14.39±2.31	0.38±0.02
T8	3.5	8.5:1.5	21.80±2.77	17.86±0.85	0.36±0.01

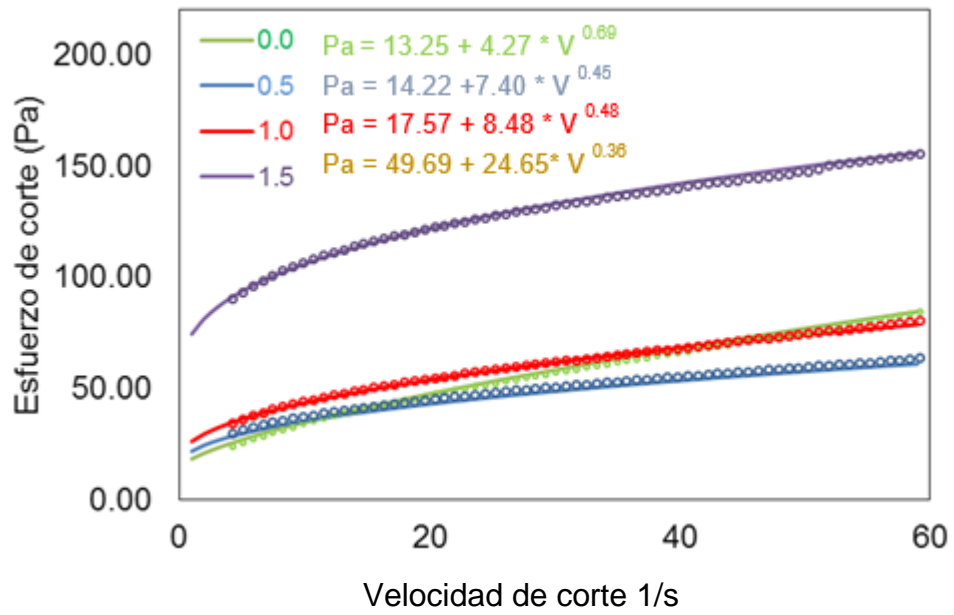


Figura 8. Curvas de flujo de los rellenos de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca: goma guar para pH 3.0.

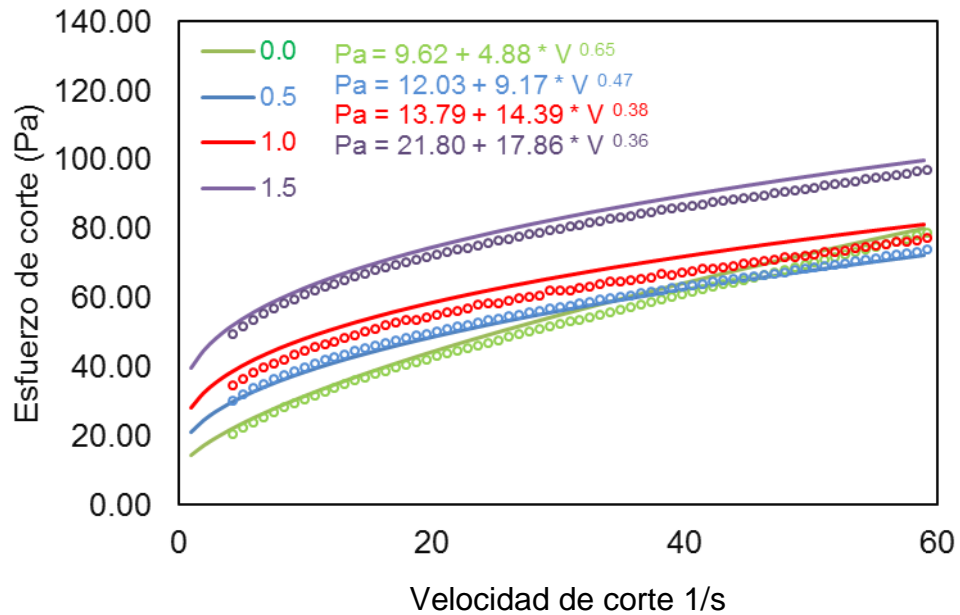


Figura 9. Curvas de flujo de los rellenos de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar para pH 3.5.

En la Figura 10 se presenta valores del esfuerzo de corte inicial en relleno de aguaymanto, observándose que a mayor proporción de goma guar, el coeficiente de consistencia aumentó, siendo más evidente a pH 3.0 (13.95 a 49.69) que a pH 3.5 (9.62 a 21.80 Pa). En los Anexos 2 y 3 se presentan los resultados experimentales.

Chaisawang y Supphantharika (2005) investigaron las características de gelatinización las mezclas de goma guar (goma no iónica), goma xantana (goma aniónica) y almidón de yuca. Además, midieron el poder de hinchamiento y la solubilidad. Encontraron que la mezcla de goma xantana y la goma de guar aumentaron la viscosidad máxima del almidón de yuca durante la formación de pasta y que la goma guar fue más eficaz que la goma xantana en términos de aumento de la viscosidad máxima. Tanto la goma de xantana, como la goma de guar indujeron a la asociación entre los gránulos gelatinizados probablemente debido a la formación de puentes intermoleculares. Indicaron que, la viscosidad pico más baja de la mezcla almidón de yuca- goma xantana en comparación con la mezcla almidón de yuca-goma guar, fue probablemente debido a que la goma guar no afectó el poder de hinchamiento del almidón. La goma guar envuelve



parcialmente los gránulos de almidón sin agregarlos formando una estructura laminar, originando una mayor concentración de almidón soluble en la fase continua. Esto ofrece mayor posibilidad de someterse a la interacción molecular con componentes de la goma guar, lo que resulta en el incremento de la viscosidad, en comparación con el sistema almidón de yuca-goma xantana.

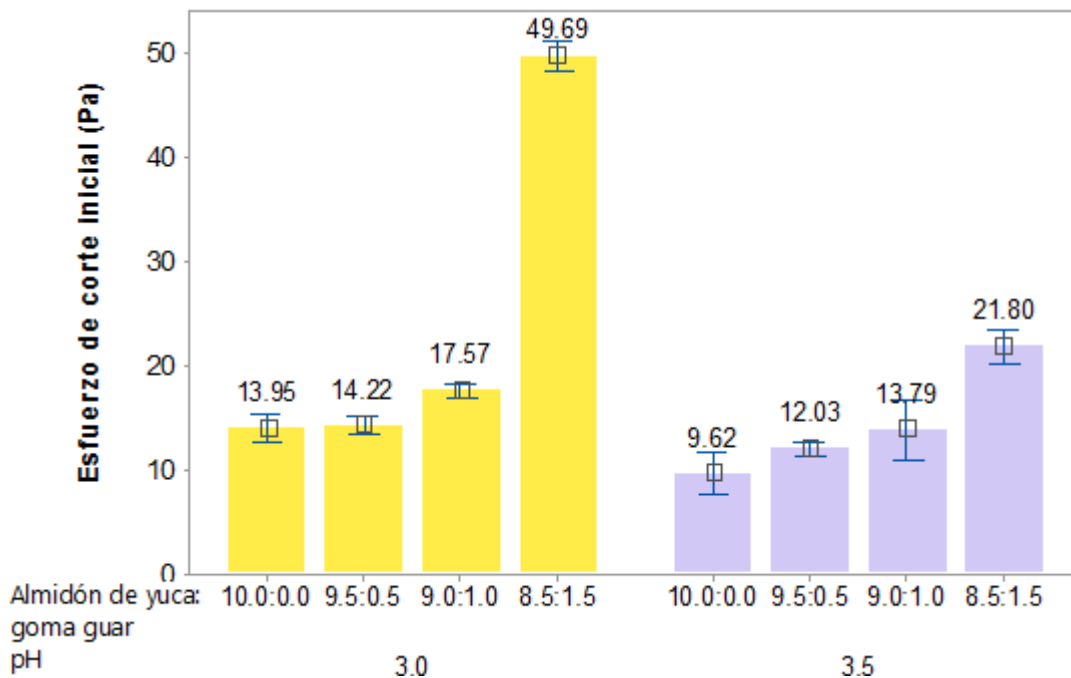


Figura 10. Valores del esfuerzo de corte inicial de relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH.

En la Figura 11 se presenta valores del coeficiente de consistencia en relleno de aguaymanto, observándose que a mayor proporción de goma guar, el coeficiente de consistencia aumentó, siendo más evidente a pH 3.0 (4.27 a 24.65) que a pH 3.5 (4.88 a 17.86 Pa).

Los mayores valores de esfuerzo mínimo de fluencia y coeficiente de consistencia a pH 3.0, pudo deberse a que, a menor pH ocurrió mayor lixiviación de amilosa del almidón de yuca, dando lugar a una mayor asociación con las moléculas de goma guar por la formación de mayor cantidad de puentes intermoleculares (Chaisawang y Supphantharika, 2005). En los Anexos del 2 al 11 se presentan los resultados experimentales.

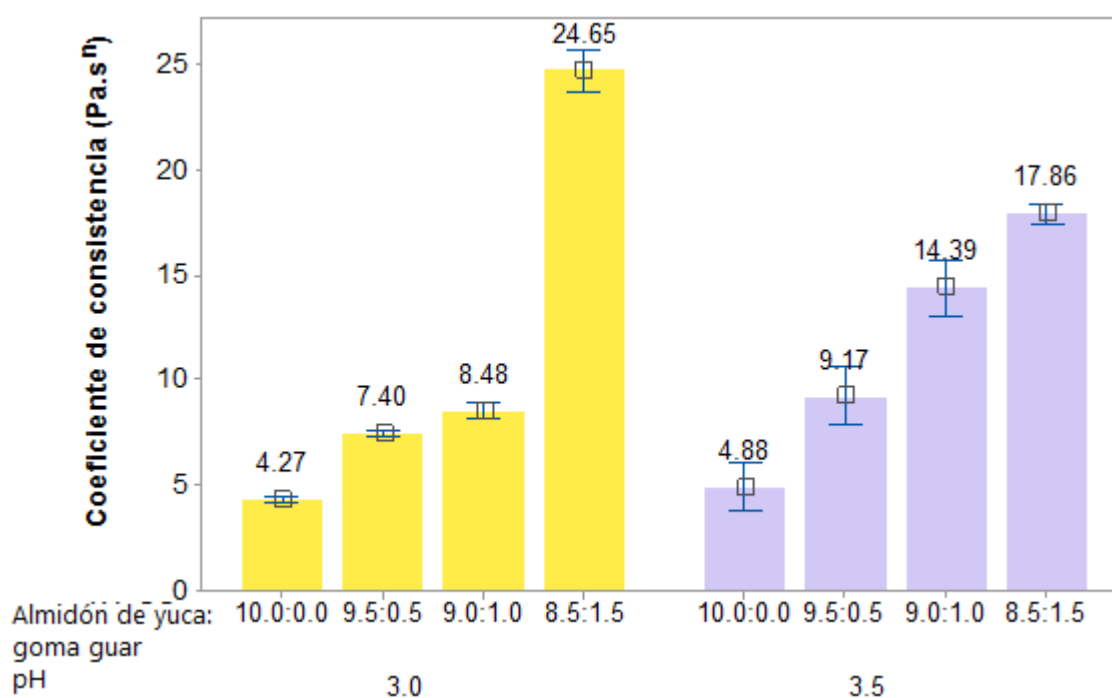


Figura 11. Valores del coeficiente de consistencia de relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH.

Los valores de coeficiente de consistencia en relleno de aguaymanto, son mayores a los encontrados por Murrugarra (2017) quien reportó que los valores del coeficiente de consistencia ( $k$ ) en relleno de arándano, aumentó a menor pH (3.0) y mayor concentración de goma xantana (1.76 a 3.18 Pa.s<sup>n</sup>) y menores a los reportados por Villafuerte (2019) para relleno con mango variedad Kent, quien indicó que a mayor proporción de goma guar, el coeficiente de consistencia aumentó, siendo más evidente a pH 4.0 (18.86 a 64.32 Pa) que a pH 5.0 (15.74 a 30.31 Pa).

Martín-Alfonso y otros (2018) indican que los parámetros reológicos de suspensiones de goma guar y goma xantana varían en función a la concentración y velocidad de corte aplicada. Refieren que el coeficiente de consistencia disminuye al aumentar la velocidad de corte y disminuir de concentración de goma, presentando las soluciones de goma guar mayores valores que las soluciones de xantana.

Thombare y otros (2016) indican que la goma guar es un polímero rico en grupos hidroxilo que cuando se agrega al agua forma uniones de hidrógeno

impartiendo viscosidad y espesamiento significativos a la solución. Debido a sus propiedades espesantes, emulsionantes, aglutinantes y gelificantes, rápida solubilidad en agua fría, amplia estabilidad a pH entre 4 y 10.5, capacidad de formación de película y encuentra aplicaciones en un gran número de industrias.

En la Figura 12 se presenta el índice de comportamiento de flujo ( $\eta$ ) en relleno de aguaymanto, donde se observa que a mayor proporción de goma guar en el relleno de aguaymanto, el índice de comportamiento de flujo disminuyó, fluctuando los valores en el rango de 0.36 a 0.69 y 0.36 a 0.65, para los valores de pH de 3.0 y 3.5, respectivamente.

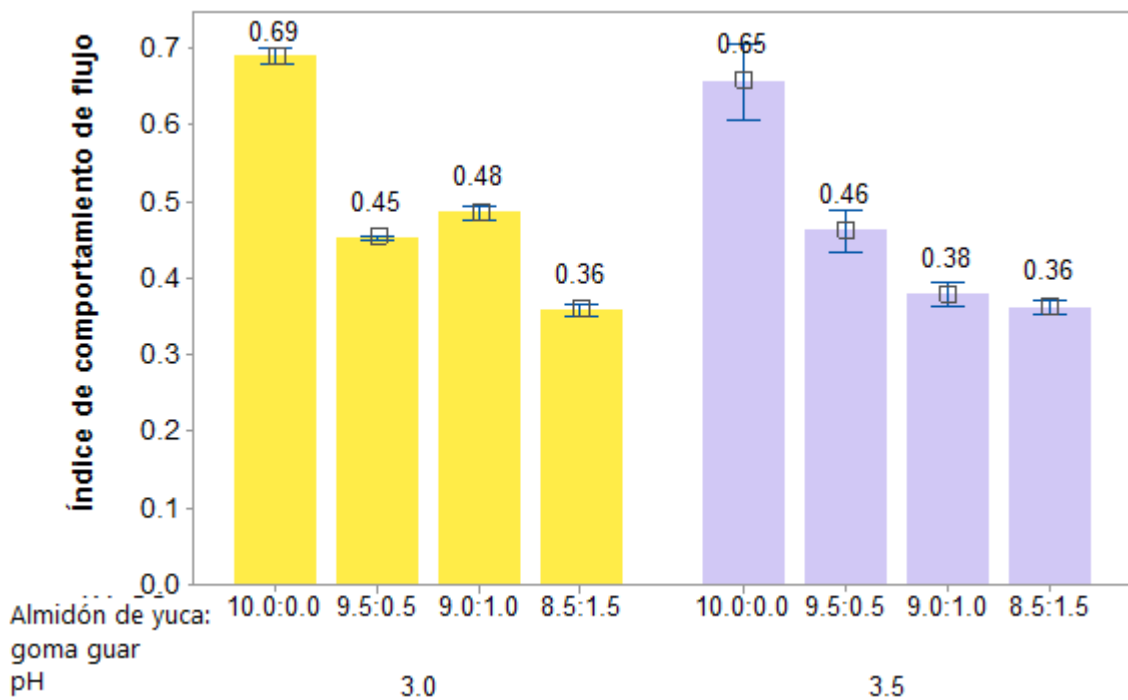


Figura 12. Valores del índice de comportamiento de flujo de relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH.

Los valores reportados en la presente investigación fueron mayores a los encontrados por Villafuerte (2018) quien notó que, al incrementar el contenido de goma guar en mezclas elaboradas con almidón de yuca: goma guar (10.0:0.0,

9.0:1.0, 8.0:2.0), el índice de comportamiento de flujo disminuyó siendo más evidente a pH 4.0. Los valores fluctuaron en el rango de 0.26 a 0.41.

En el Cuadro 4 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de tensión mínima de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto, observándose homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan con el fin de determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 4. Prueba de Levene modificada para tensión mínima de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo de relleno de aguaymanto

Variable	Estadístico de Levene	p
Tensión mínima de fluencia	0.480	0.838
Coeficiente de consistencia	0.430	0.871
Índice de comportamiento de flujo	0.590	0.751

En el Cuadro 5 se presenta el análisis de varianza para tensión mínima de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo, observándose que el pH y proporción de goma guar presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre el esfuerzo mínimo de fluencia, mientras que sólo la concentración de goma guar, presentó efecto significativo sobre el coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto.

En el Cuadro 6 se muestra la prueba Duncan para el esfuerzo mínimo de fluencia en relleno de aguaymanto; donde se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos. De igual modo se observa en el subgrupo 4, el tratamiento T7 (proporción almidón:goma guar 8.5:1.5, pH 3.0) presentó el mayor valor (49.69 Pa).

Cuadro 5. Análisis de varianza para el esfuerzo mínimo de fluencia, coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto

Variable	Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	P
Esfuerzo mínimo de fluencia	Almidón yuca:Goma	3	2267.784	755.928	101.0 5	0.000
	pH	1	546.999	546.999	73.12 7	0.000
	Goma*pH	3	676.473	225.491	30.14 5	0.000
	Error	16	119.682	7.480		
	Total	23	3610.9376			
Coeficiente de consistencia	Almidón yuca:Goma	3	921.357	307.119	126.4 8	0.000
	pH	1	0.846	0.846	0.349	0.563
	pH * Goma	3	125.986	41.995	17.29 6	0.000
	Error	16	38.848	2.428		
	Total	23	1087.038			
Índice de comportamiento de flujo	Almidón yuca:Goma	3	0.324	0.108	75.97 7	0.000
	pH	1	0.006	0.006	4.177	0.058
	pH * Goma	3	0.013	0.004	2.958	0.064
	Error	16	0.023	0.001		
	Total	23	0.366			

Estas diferencias pueden deberse a que las características reológicas son afectadas por el tipo de hidrocoloide, su concentración e interacción con otros hidrocoloides; además, por la formulación del alimento al que se imparte (Sahin y Ozdemir, 2004), así como al contenido de humedad, presencia de iones calcio y grado de metilación de las sustancias pécticas contenida en la pulpa de fruta (Hilz y otros, 2005).

Cuadro 6. Prueba Duncan para el esfuerzo mínimo de fluencia en relleno de aguaymanto

Tratamiento	Almidón de yuca: goma guar	pH	Subgrupo			
			1	2	3	4
T2	10.0:0.0	3.5	9.62			
T4	9.5:0.5	3.5	12.03			
T6	9.0:1.0	3.5	13.79	13.79		
T1	10.0:0.0	3.0	13.95	13.95		
T3	9.5:0.5	3.0	14.22	14.22		
T5	9.0:1.0	3.0		17.57	17.57	
T8	8.5:1.5	3.5			21.80	
T7	8.5:1.5	3.0				49.69

En el Cuadro 7 se muestra la prueba Duncan para el coeficiente de consistencia en relleno de aguaymanto; donde se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos. De igual modo se observa en el subgrupo 6, el tratamiento T7 (proporción almidón:goma guar 8.5:1.5, pH 3.0) presentó el mayor valor (24.7 Pa.s<sup>n</sup>).

Cuadro 7. Prueba de Duncan para el coeficiente de consistencia en relleno de aguaymanto

Tratamiento	Almidón de yuca: goma guar	pH	Subgrupo					
			1	2	3	4	5	6
T1	10.0:0.0	3.0	4.27					
T2	10.0:0.0	3.5	4.88	4.88				
T3	9.5:0.5	3.0		7.40	7.40			
T5	9.0:1.0	3.0			8.48			
T4	9.5:0.5	3.5			9.17			
T6	9.0:1.0	3.5				14.39		
T8	8.5:1.5	3.5					17.86	
T7	8.5:1.5	3.0						24.7

En el Cuadro 8 se muestra la prueba Duncan para el índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto donde se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para el índice de comportamiento de flujo en relleno de aguaymanto

Tratamiento	Almidón de yuca: goma guar	pH	Subgrupo		
			1	2	3
T7	8.5:1.5	3.0	0.36		
T8	8.5:1.5	3.5	0.36		
T6	9.0:1.0	3.5	0.38		
T3	9.5:0.5	3.0		0.45	
T4	9.5:0.5	3.5		0.46	
T5	9.0:1.0	3.0		0.48	
T2	10.0:0.0	3.5			0.65
T1	10.0:0.0	3.0			0.69

Se observa en el subgrupo 1, el tratamiento T7 (proporción almidón:goma guar 8.5:1.5, pH 3.0) no presentó diferencia significativa con los tratamientos T8 (proporción almidón:goma guar 8.5:1.5, pH 3.5) y T6 (proporción almidón:goma guar 9.0:1.0, pH 3.5), con un valor de 0.36.

Ahmed y otros (2016) indican que, tanto  $\eta$  como  $k$  son dependientes de la concentración y en general, cuando la concentración o el peso molecular del polímero aumenta,  $k$  aumenta, pero  $\eta$  disminuye.

#### 4.2. Efecto de la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH sobre estabilidad en congelación de relleno de aguaymanto

En la Figura 13 se presenta los valores de sinéresis, como medida de la estabilidad en congelación en relleno de aguaymanto, donde se observa que las formulaciones (T3, T5, T6, T7 y T8) no presentaron sinéresis, a diferencia de las formulaciones T1, T2 y T4.

Young y otros (2003) y Murrugarra (2017) no observaron sinéresis en rellenos de fruta elaborados con pectina de bajo metoxilo a pH de 3.4 y 3.7, y

relleno de arándano a pH de 3.0 y 3.5, y proporción de almidón de yuca: goma xantana de 9.5: 0.5, 9.0: 1.0, 8.5: 1.5, respectivamente. De igual modo, Agudelo y otros (2014) reportaron que los rellenos de fruta elaborados con mezclas de almidón nativo y pectina de bajo metoxilo (0.3% y 0.6%) a tres niveles de pH (3.0, 4.0, 5.0) no presentaron sinéresis. Por otro lado, Villafuerte (2018) indicó que, las formulaciones de relleno con mango, con adición de almidón de yuca:goma guar (T3, T4, T5, T6) presentaron mínima sinéresis, a diferencia de las formulaciones T1 (8.02%) y T2 (51.22%), a los que sólo se adicionó almidón de yuca.

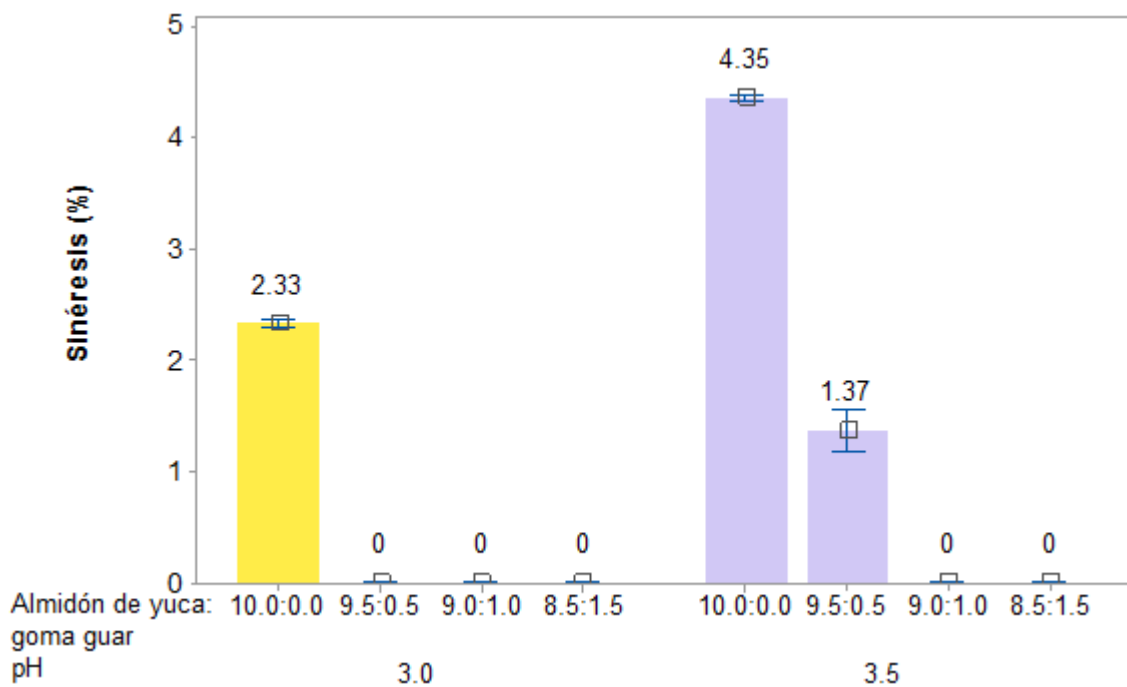


Figura 13. Valores de sinéresis en relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH.

En el Cuadro 9 se presenta la prueba de Levene aplicada a los valores de sinéresis en relleno de aguaymanto, observándose homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan con el fin de determinar el mejor tratamiento.



Cuadro 9. Prueba de Levene modificada para valores de sinéresis en relleno de aguaymanto

<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
1.540	0.224

En el Cuadro 10 se presenta el análisis de varianza para valores de sinéresis en relleno de aguaymanto, observándose efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del pH y proporción de goma guar.

Cuadro 10. Análisis de varianza para sinéresis en relleno de aguaymanto

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Almidón de yuca :goma	3	45.501	15.167	1111.480	0.000
pH	1	4.293	4.293	314.570	0.000
pH * Goma	3	4.610	1.537	112.600	0.000
Error	16	0.218	0.014		
Total	23	54.6216			

En el Cuadro 11 se muestra la prueba Duncan para valores de sinéresis en relleno de aguaymanto, donde se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos.

Funami y otros (2005a) indican que la adición de goma guar a una solución de almidón, modifica no sólo la hidratación o la retención de agua en el gel, sino también retrasa la retrogradación del almidón, especialmente por la inhibición de las asociaciones de amilosa-amilosa.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para sinéresis en relleno en relleno de aguaymanto

Tratamiento	Almidón de yuca: goma guar	pH	Subgrupo			
			1	2	3	4
T3	9.5:0.5	3.0	0.00			
T5	9.0:1.0	3.0	0.00			
T7	8.5:1.5	3.0	0.00			
T6	9.0:1.0	3.5	0.00			
T8	8.5:1.5	3.5	0.00			
T4	9.5:0.5	3.5		1.37		
T1	10.0:0.0	3.0			2.33	
T2	10.0:0.0	3.5				4.35

De igual modo, Cropotova y otros (2013b) indican que, en rellenos de frutas, la estabilidad de la estructura es una de las más propiedades más significativas porque estos productos alimenticios obtenidos generalmente a partir de purés de frutas, pueden fácilmente separarse en varias fases cuando no se agrega sistemas estabilizadores, debido al daño del estructura después de procesos de congelamiento/descongelamiento.

#### 4.3. Efecto del almidón de yuca:goma guar y pH sobre la firmeza en relleno de aguaymanto

En la Figura 13 se presenta los valores de firmeza en relleno de aguaymanto, donde se observa que a mayor concentración de goma guar la firmeza aumentó siendo más notorio a pH 3.0 (3.98 a 8.29 N) que a pH 3.5 (3.58 a 6.21 N).

En el Cuadro 14 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza en relleno de aguaymanto, donde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar un análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan con la finalidad de determinar el mejor tratamiento.

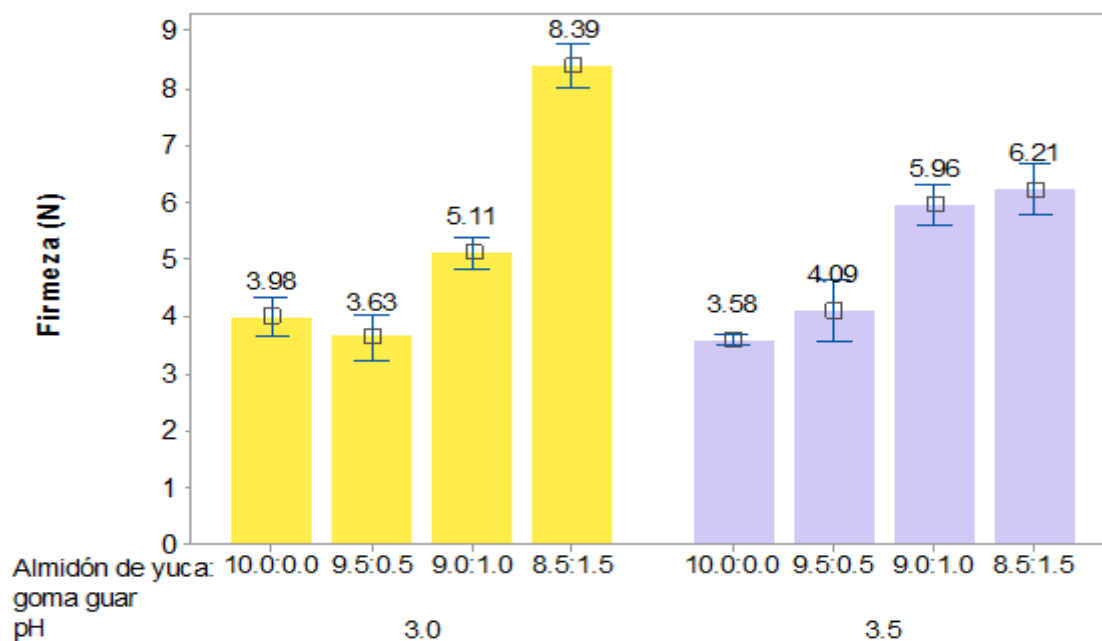


Figura 14. Valores de firmeza en relleno de aguaymanto en función a la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH.

Cuadro 12. Prueba de Levene modificada para valores de firmeza en relleno de aguaymanto

Estadístico de Levene	P
0.240	0.968

En el Cuadro 13 se presenta el análisis de varianza para firmeza en relleno de aguaymanto y en el Cuadro 14 se muestra la prueba de Duncan para la firmeza en relleno con aguaymanto, donde se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos.

Cuadro 13. Análisis de varianza para firmeza en relleno de aguaymanto

Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p
Almidón de yuca:Goma	3	49.825	16.608	38.900	0.000
pH	1	0.612	0.612	1.430	0.249
pH * Goma	3	8.201	2.734	6.400	0.005
Error	16	6.832	0.427		
Total	23	65.47			

El análisis de varianza indica que la proporción de almidón de yuca:goma guar y la interacción pH\*proporción de almidón de yuca:goma guar, presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la firmeza en relleno de aguaymanto.

De igual modo se observa, en la prueba de Duncan que, el tratamiento T7 (proporción almidón de yuca:goma guar 8.5:1.5, pH 3.0) presentó mayor valor de firmeza (8.39 N), concordando con lo indicado por Villafuerte para relleno con mango, quien indica el mayor valor de firmeza (8.12 N) para el tratamiento T5 (proporción de almidón de yuca:goma guar: 8.0:2.0, pH 4).

Cuadro 14. Prueba de Duncan para la firmeza en relleno de aguaymanto

Tratamiento	Almidón de yuca: goma guar	pH	Subgrupo			
			1	2	3	4
T2	10.0:0.0	3.5	3.58			
T3	9.5:0.5	3.0	3.63			
T1	10.0:0.0	3.0	3.98	3.98		
T4	9.5:0.5	3.5	4.09	4.09		
T5	9.0:1.0	3.0		5.11	5.11	
T6	9.0:1.0	3.5			5.96	
T8	8.5:1.5	3.5			6.21	
T7	8.5:1.5	3.0				8.39

Estos resultados pueden deberse a que, en un sistema acuoso de almidón e hidrocoloide, este último se emplea para controlar las propiedades reológicas y modificar las propiedades de textura de productos alimenticios a base de almidón. Los geles de almidón así obtenidos pueden ser considerados como materiales compuestos, en los cuales la fase continua de la matriz del gel de amilosa se intercala con partículas de relleno. Es decir, gránulos gelatinizados hinchados, que están constituidos por amilopectina, están integrados en el gel de almidón, y la reordenación de la amilopectina durante el almacenamiento refuerza la matriz del gel de amilosa debido a aumento en la rigidez de los gránulos (Funami y otros, 2005b).

## V. CONCLUSIONES

Existió efecto significativo de la proporción de almidón de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.5:1.5, 9.0:1.0, 8.5:1.5 y 8.0:2.0) y pH (3.0 y 3.5), sobre el esfuerzo mínimo de fluencia y sinéresis, mientras que sólo la proporción almidón de yuca:goma guar (10.0:0.0; 9.5:1.5, 9.0:1.0, 8.5:1.5 y 8.0:2.0) presentó efecto significativo sobre el coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo y firmeza en relleno de aguaymanto.

El tratamiento T7 con proporción de almidón de yuca:goma guar 8.5:1.5 y pH: 3.0, permitió obtener mayor valor de esfuerzo mínimo de fluencia (49.69 Pa), mayor coeficiente de consistencia (64.32 Pa.s<sup>n</sup>), mayor firmeza (8.12 N), menor valor de índice de comportamiento de flujo (0.26) y mayor estabilidad en congelación (sinéresis: 0.0%), en relleno en relleno de aguaymanto.

El modelo Herschel-Bulkley explicó adecuadamente las relaciones entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte y las características reológicas, esfuerzo mínimo de fluencia ( $\sigma_0$ ), coeficiente de consistencia (k) e índice de comportamiento de flujo ( $\eta$ ) con valores de R<sup>2</sup> mayores a 0.9.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Evaluar el comportamiento reológico del relleno de aguaymanto después del horneado.

Determinar la vida útil del relleno de aguaymanto

Realizar evaluación sensorial del relleno de aguaymanto.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, A., Varela, P. y Fiszman, S. 2015. Fruit fillings development: A multiparametric approach. *LWT- Food Science and Technology*, 61:564-572.
- Agudelo, A., Varela, P., Sanz, T. y Fiszman, S. M. 2014. Native tapioca starch as a potential thickener for fruit fillings. Evaluation of mixed models containing low-methoxyl pectin. *Food Hydrocolloids*, 35:297-304.
- Ahmed, J., Ptaszek, P. y Basu, S. 2016. *Advances in food rheology and its applications*. Woodhead Publishing.
- AOAC International. 1995. *Official Methods of Analysis*. Consultado el 8 de enero del 2018. Disponible en: < <http://www.eoma.aoac.org/>>
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. 2007. *Guía Técnica para producción y análisis de almidón de yuca*, FAO. Roma.
- Arocas, A., Sanz, T. y Fiszman, S. M. 2009. Influence of corn starch type on the rheological properties of a white sauce after heating and freezing. *Food Hydrocolloids*, 23:901-907.
- Arocas, A., Sanz, T. y Fiszman, S. M. 2010. Clean label starches as thickeners in white sauces. Shearing, heating and freeze/thaw stability. *Food Hydrocolloids*, 23:2031-2037.
- Augusto, P. y Vitali, 2014. Assessing juice quality: Advances in the determination of rheological properties of fruit juices and derivatives. En: Falguera, V. e Ibarz, A. edits. *Juice Processing*. Boca Raton: CRC Press PressTaylor & Francis Group, pp. 83-136.
- Babic, J., Subaric, D., Ackar, D., Pilizota, V., Kopjar, M. y Nedic, N. 2006. Effects of pectin and carrageenan on thermophysical and rheological properties of tapioca starch. *Journal of Food Sciences*, 24:275-282.
- Badui, S. 2013. *Química de los alimentos*. Quinta Edición ed. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.



- Baiano, A., Mastromatteo, M. y Del Nobile, M. A. 2012. Effects of cultivar and process variables on dynamic-mechanical and sensorial behavior of value-added grape based smoothies. *Molecules*, 17:11421-11434.
- Basu, S. y Shivhare, U. S. 2010. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 100:357-365.
- Becerra, C., 2019. Andina. Agencia peruana de noticias. Consultado el 10 junio de 2018. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-aguaymanto-fruta-los-andes-peruanos-es-sensacion-el-mundo-724227.aspx>
- Biliaderis, C.G. 2009. Structural Transitions and Related Physical Properties of Starch. In J. BeMiller y R. Whistler (Eds.). En J. BeMiller y R. Whistler (Eds.), *Starch 3th ed. Chemistry and Technology*, pp. 301-331. Orlando, FL: Academic Press.
- Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K. y Sriroth, K. 2009. tapioca/cassava starch: Production and use. In: *Starch: Chemistry and technology. Third Edition ed.* Academic Press, pp. 541-568.
- Cevoli, C., Balestra, F., Ragni, L. y Fabbri, A. 2013. Rheological characterisation of selected food hydrocolloids by traditional and simplified techniques. *Food Hydrocolloids*, 33:142-150.
- Chaisawang, M. y Suphantharika, M. 2005. Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. *Carbohydrate Polymers*, 61:288-295.
- Chantaro, P., Pongsawatmanit, R. y Nishinari, K. 2013. Effect of heating - cooling on rheological properties of tapioca starch paste with and without xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 31:183-194.
- Codex Stand. 2005. Codex Alimentarius norma general para zumos (jugos) y néctares de frutas. Consultado el 11 de febrero del 2018. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/CXS\\_247s.pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/CXS_247s.pdf).

- ComexPerú. Consultado el 12 de febrero del 2018. Disponible en: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-comexperu-produccion-mango-se-recupera-tras-dos-anos-caida-652645.aspx>
- Cropotova, J., Popel, S., & Parshakova, L. 2013a. Development of heat-stable fruit fillings using gellan gum as stabilizer. *Scientific Papers of the AgroLife Scientific Journal*, 56:291-295.
- FAO. 2006. Starch market adds value to cassava. *Bio-base News*. Consultado el 10 de diciembre del 2017. Disponible en: <http://news.bio-based.eu/fao-starch-market-adds-value-to-cassava/>
- Funami, T., Kataoka, Y., Omoto, T., Asai, I. y Nishinari, K. 2005a. Effects of non-ionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behavior of wheat starch. *Food Hydrocolloids*, 19(1):1-13.
- Funami, T., Kataoka, Y., Omoto, T., Asai, I. y Nishinari, K. 2005b. Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch. 2b. Functions of guar gums with different molecular weights on the retrogradation behavior of corn starch. *Food Hydrocolloids* 19:25-36.
- Ibarz, A. y Barbosa-Cánovas, G. V. 2003. *Unit Operations in Food Engineering*. Boca Raton: FL: CRC Press. USA.
- ICONTEC, 1995. Norma Técnica Colombiana. 1266-4. Frutas Frescas. Mango. Transporte. Colombia. Consultado el 18 de febrero del 2018. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC1266-4.pdf>
- Karaman, S., Kesler, Y., Goksel, M., Dogan, M. y Kayacier, A. 2014. Rheological and some physicochemical properties of selected hydrocolloids and their interactions with guar gum: characterization using principal component analysis and viscous synergism index. *International Journal of Food Properties*, 17(8):1655-1667.
- Koehlin, J., 2016. Exportación de aguaymanto creció 161% entre el 2013 y el 2015. *El Comercio*, 9 mayo, p. 1.

- Martín-Alfonso, J. E., Cuadri, A. A., Berta, M. y Stading, M. 2018. Relation between concentration and shear-extensional rheology properties of xanthan and guar gum solutions. *Carbohydrate polymers*, 181:63-70.
- MINSA. 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Centro Nacional de Alimentos y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud Pública del Perú. Lima. Consultado el 24 de marzo del 2018. Disponible en:  
<http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Montgomery, D. 2011. *Diseño y análisis de experimentos*. 2 ed. Mexico: Limusa.
- Muadklay, J. y Charoenrein, S. 2008. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze–thaw stability of tapioca starch gels. *Food Hydrocolloids*, 22:1268-1272.
- Murillo, O. 2010. Ficha Técnica de industrialización de Mango (*Mangifera indica* L.). Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Producto. Colombia.
- Murrugarra, M. 2017. Efecto de la proporción de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad blanca: goma xantana y ph en las propiedades reológicas, sinéresis y fuerza máxima de extrusión de relleno de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Jewel, Trujillo, La Libertad:Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ojijo, N. y Shimoni, E. 2007. Influence of xanthan gum and tapioca starch on the retrogradation and gelation of finger millet (*Eleusine coracana* L. Gaertner) starch pastes. *Journal of Texture Studies*, 38:100-115.
- Pacific Fruit. 2018. Consultado el 10 junio de 2018. Disponible en:  
<http://www.pacificfruitperu.com/aguaymanto.php>
- Pasquel, A. 2001. Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria* 1(1):1-8. Consultado el 18 de

diciembre del 2017. Disponible en:  
<<http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf>>.

- Pongsawatmanit, R. y Srijunthongsiri, S. 2008. Influence of xanthan gum on rheological properties and freeze–thaw stability of tapioca starch. *Journal of Food Engineering*, 88:137-143.
- Rivera, I. 2019. Efecto de la concentración de ethephon y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y apariencia general en bayas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Texture Technologies y Stable Micro System. 2016. TA HD Plus. Consultado el 10 de diciembre del 2017. Disponible en: <http://texturetechnologies.com/accessories/probes-and-fixtures#extrusion>
- Thombare, N., Jha, U. y Mishra, S. 2016. Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88: 361-372.
- Wei, Y. P., Wang, C. S y Wu, K. S. B. 2001. Flow properties of fruit filling. *Food Research International*, 34:377-381.
- Young, N., Kappel, G. y Bladt, T. 2003. A polyuronan blend giving novel synergistic effects and bake-stable functionality to high soluble solids fruit fillings. *Food Hydrocolloids*, 17:407-418.

## VIII. ANEXOS

## Anexo 1: Certificado de análisis de citrato de sodio para regular el Ph

JUNGBUNZLAUER CANADA INC.  
1555 Elm Street  
Port Colborne, ON L2K 0V5  
Canada  
Phone: +1-905-835-5444  
www.jungbunzlauer.com

LIMA  
PERU

**Jungbunzlauer**

**Certificado de análisis**

Fecha 20.01.2014	Pedido-nro / Fecha S0031476_30 / 10.01.2014	Nota de entrega-nro / Fecha 80453916 000010 / 13.02.2014
Nuestra referencia / Fecha 425461 000010 / 10.01.2014	Número del cliente 200088	
Material / Producto / Denominación 131620 / Citrato trisódico dihidratado fino F6000 en sacos de 25 kg <b>CITRATO DE SODIO</b>		
Fabrica de entrega Jungbunzlauer Canada Inc. 1555 Elm Street L3K 5V5 Port Colborne		
Charge 6038375	Cantidad 21,000 KG	Fecha de producción 09.01.2014
		Fecha de caducidad 01.2019
		Origen Port Colborne, Canada

Parámetro	Unidad	Especificación	Valor
Characteristic			
cristales granulados blancos o polvo cristalino blanco, levemente higroscópico, totalmente soluble en agua, insoluble en etanol (96 %)			
Identificación			conforme*
Fuerza	%	99.00 - 100.50	100.46
Acua (pérdida por desecación)	%	11.00 - 13.00	12.26
pH de una solución al 5%		7.50 - 9.00	8.40
Subst. fácilmente carboniz. (USP/FCC)			conforme*
Olor			conforme*
tipico, prácticamente sin olor			
Aspecto de la solución			conforme*
Acidez			conforme*
Alcalinidad		<= 5	conforme*
Metales pesados expresados en Pb	mg/kg	<= 50	conforme*
Cloruro	mg/kg	<= 1.0	conforme*
Arsénico	mg/kg	<= 0.5	conforme*
Plomo	mg/kg	<= 0.5	conforme*
Mercurio	mg/kg	<= 100	conforme*
Acido oxálico / oxalato			conforme*
Sulfato			conforme*
Tartrato (USP/JP)	%	<= 10.00	0.03
Partículas > mallas 25 (0,71mm)	%	<= 10.00	9.70
Partículas > 0,53 mm	%	<= 15.00	15.00
Partículas < 0,20 mm	%	<= 15.00	15.00
Partículas < mallas 100 (0,150 mm)	%	<= 15.00	15.00

\*) Analisis confirmado en el control de proceso o por test aleatorio.  
Certificamos que este producto cumple las normativas de la última edición de la Farmacopea Europea (Ph. Eur.), de la United States Pharmacopeia (USP), del Food Chemicals Codex (FCC) y de Reglamento (UE) N° 231/2012 de la Comisión. Todos los métodos analíticos están en concordancia con las últimas normativas de la Ph. Eur., de la USP, del FCC o métodos equivalentes. Los métodos de análisis disponibles previa solicitud.

QUALITY ASSURANCE MANAGER  
William Jamieson

**drocersa**  
Droguería Ricardo Céspedes Román S

Q.F. Celinda Tipiani Muñoz  
COORDINADORA TECNICA

Documento emitido por ordenador, por lo que no va firmado.

Banking Details: Bank of Montreal, 800 Niagara St., Welland, Ontario L3C 5Z4, Tel: (905) 735-7723 Canadian Funds: Bank No. 001, Transit No. 29892, Account No. 1200-53  
BOF/MCAM2 US Funds from the U.S.: Bank No. 001, Transit No. 29892, Account No. 4601-304, Swift Code BOFMCAM2, paid through Wells Fargo Bank, Swift Code PNEPUS  
028005092 or CHIPS UID: 143806 US Funds from outside Canada and the U.S.: Bank No. 001, Transit No. 29892, Account No. 4601-304, Swift Code BOFMCAM2, Euro F  
Montreal, Toronto Branch, 100 King Street West, Toronto, Ontario, Transit No. 00222, Swift code: BOFMCAM2, Account No. 0002-EUR-JUNGCANADA

**Anexo 2: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo: goma guar a pH 3.0**

pH	3											
	10.0:0.0			9.5:0.5			9.0:1.0			8.5:1.5		
	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$
	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)
$\gamma(1/s)$	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
59.21	84.51	84.1	88.48	61.02	60.11	63.37	79.18	80.08	79.54	156.3	155.5	159.3
58.41	83.64	83.23	87.68	60.57	59.73	62.96	78.66	79.54	79.01	155.6	154.9	158.4
57.6	82.75	82.37	86.81	60.15	59.38	62.67	78.05	78.96	78.41	155.1	154.4	157.8
56.79	81.91	81.56	85.97	59.77	59.02	62.3	77.5	78.42	77.85	154.6	153.8	157.3
55.98	81.11	80.72	85.21	59.46	58.62	61.87	76.94	77.9	77.33	154	153.2	156.7
55.17	80.31	79.88	84.37	59.09	58.29	61.52	76.46	77.42	76.84	153.5	152.6	155.9
54.36	79.5	79.13	83.54	58.67	57.9	61.14	75.96	76.96	76.32	153.1	152	155.3
53.56	78.73	78.36	82.76	58.32	57.55	60.85	75.48	76.42	75.84	152.5	151.3	154.6
52.75	77.93	77.52	81.92	57.96	57.23	60.54	74.97	75.9	75.28	151.9	150.7	153.9
51.94	77.19	76.78	81.19	57.62	56.86	60.25	74.49	75.5	74.86	151.3	150.2	153.5
51.13	76.49	76.04	80.4	57.23	56.55	59.89	73.94	74.96	74.34	150.8	148.2	152.9
50.32	75.72	75.28	79.66	56.83	56.21	59.54	73.46	74.45	73.83	150.2	147.5	152.2
49.51	74.96	74.54	78.8	56.51	55.92	59.19	73	73.98	73.34	148.2	147	151.5
48.7	74.22	73.85	78.08	56.19	55.61	58.82	72.47	73.35	72.85	147.8	146.3	151.1
47.9	73.48	73.14	77.33	55.84	55.25	58.42	71.96	72.93	72.35	147.2	145.8	150.3
47.09	72.73	72.39	76.48	55.53	54.89	58.1	71.46	72.45	71.88	146.6	145.2	148.1
46.28	72.03	71.72	75.66	55.16	54.59	57.78	71.13	72.05	71.48	146	144.6	147.5
45.47	71.31	70.99	74.91	54.77	54.24	57.44	70.65	71.56	70.99	145.5	144.1	147
44.66	70.59	70.24	74.2	54.45	53.95	57.09	70.14	71.06	70.47	144.8	143.4	146.2
43.86	69.85	69.52	73.46	54.18	53.6	56.79	69.59	70.46	70.02	144.1	142.8	145.5
43.05	69.15	68.83	72.76	53.8	53.32	56.46	69.06	69.96	69.56	143.6	142.4	144.9
42.24	68.36	68.15	71.94	53.43	52.92	56.1	68.57	69.34	69.05	142.9	141.9	144.3
41.43	67.64	67.43	71.12	53.05	52.62	55.73	68.13	68.83	68.57	142.3	141.4	143.5
40.62	66.91	66.7	70.32	52.81	52.19	55.38	67.63	68.31	68.07	141.6	140.7	142.7
39.81	66.21	65.97	69.63	52.54	51.82	55.03	67.16	67.8	67.61	141	140	142.2
39.01	65.4	65.25	68.85	52.2	51.42	54.66	66.64	67.28	67.12	140.3	139.4	141.7
38.2	64.7	64.55	68.1	51.85	51.09	54.3	66.15	66.83	66.65	139.7	138.8	140.9
37.39	63.94	63.81	67.37	51.46	50.67	53.93	65.72	66.34	66.13	138.9	138.1	140.1
36.58	63.22	63.06	66.57	51.1	50.31	53.55	65.19	65.88	65.64	138.2	137.5	139.5
35.77	62.47	62.33	65.75	50.73	49.95	53.19	64.73	65.46	65.18	137.6	137	138.9
34.97	61.75	61.59	64.99	50.35	49.55	52.76	64.24	64.95	64.69	137	136.3	138.3
34.16	60.93	60.89	64.19	49.97	49.13	52.39	63.75	64.39	64.17	136.3	135.6	137.6
33.35	60.27	60.14	63.38	49.57	48.76	52.02	63.22	63.82	63.64	135.5	134.8	136.8
32.54	59.44	59.37	62.56	49.18	48.45	51.64	62.74	63.25	63.11	134.8	134.1	136.2
31.73	58.71	58.59	61.8	48.79	48.06	51.25	62.23	62.68	62.62	134.1	133.5	135.4

Continuara.

Continuación

**Anexo 3: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo: goma guar a pH 3.0**

30.93	57.89	57.82	60.95	48.38	47.65	50.84	61.69	62.18	62.07	133.3	132.8	134.6
30.12	57.09	57.05	60.2	47.99	47.29	50.46	61.15	61.61	61.52	132.4	132.1	133.8
29.31	56.36	56.29	59.39	47.6	46.84	50.07	60.61	61	60.94	131.6	131.3	133
28.5	55.54	55.55	58.63	47.17	46.37	49.71	60.05	60.48	60.4	130.8	130.6	132.1
27.69	54.74	54.78	57.79	46.75	45.96	49.33	59.5	59.95	59.9	130	129.9	131.4
26.88	53.91	53.99	57.03	46.31	45.61	48.91	58.92	59.42	59.36	129.2	129.1	130.7
26.08	53.17	53.17	56.27	45.8	45.12	48.48	58.36	58.88	58.8	128.4	128.3	129.9
25.27	52.3	52.32	55.4	45.41	44.73	48.02	57.77	58.27	58.19	127.6	127.5	129
24.46	51.53	51.5	54.53	44.98	44.29	47.54	57.19	57.64	57.61	126.8	126.7	128.2
23.65	50.59	50.66	53.64	44.49	43.78	47.06	56.59	57.03	57	125.9	125.8	127.1
22.84	49.74	49.77	52.75	44.02	43.34	46.53	55.96	56.4	56.38	125	124.9	126.1
22.04	48.85	48.92	51.92	43.54	42.91	46.06	55.27	55.77	55.77	124.1	124	125.1
21.23	48	48.05	51.15	43.07	42.45	45.56	54.68	55.13	55.14	123.2	123.1	124.1
20.42	47.12	47.2	50.36	42.59	41.94	45.08	54.04	54.49	54.46	122.3	122.2	123.1
19.61	46.22	46.27	49.47	42.08	41.45	44.54	53.37	53.8	53.79	121.3	121.2	122.2
18.8	45.32	45.37	48.56	41.53	40.92	44.01	52.63	53.09	53.07	120.3	120.2	121.1
18	44.32	44.46	47.63	40.97	40.39	43.49	51.86	52.37	52.37	119.2	119.2	120
17.19	43.41	43.51	46.7	40.42	39.84	42.9	51.06	51.62	51.63	118.1	118.2	118.9
16.38	42.45	42.56	45.74	39.85	39.35	42.38	50.3	50.84	50.85	117	117.1	117.7
15.57	41.43	41.58	44.7	39.3	38.77	41.79	49.5	50.05	50.07	115.8	115.9	116.5
14.77	40.4	40.58	43.66	38.72	38.04	41.2	48.7	49.25	49.29	114.7	114.7	115.2
13.96	39.42	39.56	42.6	38.09	37.5	40.57	47.86	48.4	48.46	113.4	113.5	113.9
13.15	38.35	38.51	41.49	37.45	36.95	39.94	46.98	47.59	47.6	112.1	112.2	112.5
12.34	37.26	37.43	40.38	36.78	36.29	39.26	46.09	46.68	46.7	110.8	110.9	111
11.54	36.15	36.33	39.23	36.08	35.58	38.58	45.14	45.76	45.74	109.3	109.5	109.4
10.73	34.99	35.14	38.07	35.38	34.85	37.83	44.18	44.75	44.75	107.9	108	107.8
9.92	33.77	33.94	36.88	34.61	34.09	37.06	43.14	43.72	43.75	106.2	106.3	106.1
9.11	32.57	32.7	35.62	33.77	33.21	36.27	42.03	42.66	42.65	104.5	104.6	104.2
8.31	31.25	31.39	34.28	32.93	32.45	35.38	40.89	41.49	41.49	102.7	102.7	102.3
7.5	29.85	30.05	32.91	31.99	31.53	34.47	39.64	40.26	40.25	100.6	100.6	100.1
6.69	28.4	28.59	31.4	30.96	30.51	33.48	38.32	38.88	38.89	98.44	98.47	97.75
5.89	26.88	27.07	29.86	29.82	29.4	32.39	36.84	37.44	37.41	95.92	95.95	95.13
5.08	25.16	25.41	28.12	28.59	28.22	31.17	35.25	35.78	35.8	93.17	93.17	92.21
4.27	23.35	23.6	26.24	27.17	26.78	29.77	33.42	33.94	33.94	89.91	89.94	88.73
	<b>T</b>			<b>T</b>			<b>T</b>			<b>T</b>		
	<b>(Pa)</b>	<b>k (Pa.s<sup>n</sup>)</b>	<b>n</b>	<b>(Pa)</b>	<b>k (Pa.s<sup>n</sup>)</b>	<b>n</b>	<b>(Pa)</b>	<b>k (Pa.s<sup>n</sup>)</b>	<b>n</b>	<b>(Pa)</b>	<b>k (Pa.s<sup>n</sup>)</b>	<b>n</b>
<b>R1</b>	12.58	4.39	0.68	13.19	7.61	0.45	16.53	8.88	0.47	52.46	22.79	0.37
<b>R2</b>	12.67	4.48	0.67	13.63	7.07	0.46	18.81	7.78	0.5	48.44	26.21	0.34
<b>R3</b>	16.59	3.93	0.71	15.85	7.51	0.45	17.35	8.76	0.48	48.17	24.96	0.36
<b>Promedio</b>	<b>13.95</b>	<b>4.27</b>	<b>0.69</b>	<b>14.22</b>	<b>7.4</b>	<b>0.45</b>	<b>17.57</b>	<b>8.48</b>	<b>0.48</b>	<b>49.69</b>	<b>24.65</b>	<b>0.36</b>
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0.993</b>			<b>0.998</b>			<b>0.995</b>			<b>0.995</b>	

**Anexo 4: Valores de la proporción de almidón de yuca nativo:goma guar a pH 3.5**

pH	3.5											
	10.0:0.0			9.5:0.5			9.0:1.0			8.5:1.5		
	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma$
	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)
$\gamma(1/s)$	R1	R2	R3	R1	R1	R2	R3	R1	R1	R2	R3	R1
59.21	75.94	78.75	78.31	66.86	73.91	74.14	76.59	77.41	90.3	97.97	97.06	106.1
58.41	75.32	77.97	77.66	66.39	73.4	73.67	76.15	76.74	89.87	97.51	96.53	105.5
57.6	74.66	77.17	76.92	65.92	72.9	73.18	75.72	76.32	89.41	96.92	96.07	104.9
56.79	74.03	76.41	76.12	65.47	72.48	72.74	75.28	76.11	88.95	96.46	95.73	104.6
55.98	73.42	75.61	75.41	64.99	72.04	72.3	74.78	75.62	88.51	96.12	95.33	104.1
55.17	72.77	74.86	74.65	64.41	71.56	71.81	74.4	75.09	88.12	95.76	94.82	103.6
54.36	72.16	74.09	73.9	63.9	71.12	71.32	74.05	74.65	87.66	95.4	94.32	103.1
53.56	71.55	73.35	73.21	63.44	70.65	70.89	73.58	74.55	87.18	95.03	93.88	102.6
52.75	70.91	72.54	72.5	62.99	70.12	70.48	73.13	73.63	86.73	94.57	93.38	102.2
51.94	70.29	71.8	71.62	62.6	69.73	70.06	72.76	73.24	86.35	94.07	92.98	101.7
51.13	69.71	71.08	70.88	62.11	69.3	69.61	72.34	73.45	85.9	93.6	92.47	101.3
50.32	69.06	70.31	70.18	61.66	68.85	69.11	71.88	72.49	85.49	93.13	92.02	100.7
49.51	68.45	69.6	69.53	61.22	68.41	68.68	71.52	72.1	85.04	92.87	91.54	100.1
48.7	67.81	68.83	68.74	60.72	67.97	68.23	71.19	71.7	84.58	92.5	91.15	99.68
47.9	67.2	68.1	68.06	60.33	67.51	67.8	70.74	71.67	84.13	92.05	90.76	99.22
47.09	66.56	67.36	67.34	59.86	67.06	67.37	70.33	70.87	83.69	91.56	90.25	98.72
46.28	65.97	66.63	66.54	59.45	66.65	66.96	69.93	70.54	83.16	91.02	89.79	98.28
45.47	65.37	65.93	65.81	58.98	66.22	66.53	69.43	70.36	82.79	90.58	89.39	97.79
44.66	64.75	65.25	65.16	58.53	65.79	66.08	68.93	70	82.37	90.19	88.92	97.26
43.86	64.1	64.52	64.45	58.05	65.35	65.61	68.54	69.15	81.94	89.64	88.45	96.7
43.05	63.44	63.82	63.87	57.66	64.93	65.22	68.16	68.74	81.52	89.2	88.05	96.26
42.24	62.82	63.09	63.09	57.2	64.56	64.76	67.76	68.54	81.03	88.7	87.64	95.79
41.43	62.21	62.38	62.32	56.69	64.09	64.32	67.44	68.46	80.57	88.24	87.13	95.16
40.62	61.62	61.64	61.58	56.3	63.61	63.83	66.93	67.56	80.11	87.71	86.6	94.64
39.81	60.98	60.92	60.85	55.91	63.16	63.4	66.54	67.29	79.72	87.33	86.16	94.1
39.01	60.36	60.24	60.14	55.46	62.7	62.94	66.19	66.76	79.18	86.89	85.76	93.59
38.2	59.75	59.55	59.44	54.98	62.22	62.45	65.72	66.83	78.71	86.44	85.37	93.04
37.39	59.08	58.83	58.8	54.47	61.73	61.93	65.29	66.03	78.17	85.92	84.83	92.56
36.58	58.43	58.12	58.12	54.03	61.26	61.49	64.83	65.41	77.69	85.37	84.35	92.05
35.77	57.76	57.43	57.42	53.63	60.81	61.01	64.38	65.01	77.28	84.84	83.79	91.46
34.97	57.16	56.7	56.71	53.19	60.33	60.6	63.88	64.62	76.8	84.32	83.33	90.87
34.16	56.49	55.95	56	52.74	59.86	60.09	63.44	64.85	76.29	83.83	82.76	90.27
33.35	55.89	55.23	55.2	52.25	59.37	59.58	62.94	63.9	75.77	83.32	82.19	89.64
32.54	55.24	54.51	54.45	51.81	58.87	59.08	62.52	63.2	75.21	82.77	81.72	89.09
31.73	54.53	53.76	53.71	51.39	58.38	58.59	62.09	62.97	74.72	82.23	81.24	88.48

Continuara.



Continua.

**Anexo 5:** Valores de la proporción de almidón de yuca nativo:goma guar a pH 3.5

30.93	53.86	53.05	53	50.93	57.86	58.09	61.6	62.27	74.2	81.75	80.69	87.91
30.12	53.24	52.33	52.36	50.42	57.35	57.57	61.12	62.21	73.65	81.16	80.11	87.34
29.31	52.54	51.58	51.62	49.87	56.84	57.07	60.63	62.07	73.09	80.44	79.48	86.65
28.5	51.84	50.86	50.93	49.39	56.29	56.55	60.07	60.78	72.53	79.82	78.91	86.01
27.69	51.14	50.11	50.15	48.9	55.74	56.02	59.57	60.16	72	79.17	78.34	85.32
26.88	50.44	49.38	49.42	48.38	55.23	55.48	59.05	59.92	71.44	78.64	77.75	84.73
26.08	49.72	48.6	48.68	47.84	54.65	54.94	58.53	59.13	70.88	78.14	77.18	84.01
25.27	49	47.84	47.91	47.3	54.09	54.37	58	58.57	70.26	77.5	76.55	83.29
24.46	48.28	47.08	47.14	46.76	53.49	53.81	57.46	58.53	69.67	76.87	75.94	82.61
23.65	47.52	46.3	46.31	46.17	52.89	53.19	56.87	57.91	69.04	76.23	75.23	81.91
22.84	46.76	45.5	45.5	45.65	52.25	52.59	56.32	56.93	68.39	75.52	74.53	81.17
22.04	46	44.73	44.7	45.07	51.64	51.97	55.71	56.21	67.84	74.85	73.87	80.46
21.23	45.2	43.91	43.88	44.53	51.01	51.37	55.11	55.75	67.14	74.17	73.19	79.76
20.42	44.37	43.09	43.09	43.95	50.38	50.7	54.5	55.06	66.45	73.49	72.49	79
19.61	43.56	42.26	42.25	43.37	49.7	50.05	53.9	54.33	65.77	72.72	71.8	78.18
18.8	42.7	41.42	41.45	42.77	49.01	49.39	53.21	53.77	65.06	72.02	71.04	77.33
18	41.83	40.57	40.62	42.11	48.32	48.7	52.53	53.5	64.35	71.25	70.27	76.51
17.19	40.95	39.71	39.75	41.43	47.61	47.98	51.84	52.94	63.6	70.43	69.54	75.67
16.38	40.05	38.82	38.87	40.76	46.88	47.26	51.08	52.11	62.82	69.59	68.75	74.79
15.57	39.1	37.89	37.92	40.08	46.12	46.52	50.42	51.09	62.01	68.7	67.9	73.84
14.77	38.16	36.97	36.97	39.38	45.34	45.76	49.64	50.12	61.16	67.8	67.02	72.85
13.96	37.16	35.99	35.99	38.64	44.54	44.95	48.86	49.08	60.3	66.87	66.08	71.86
13.15	36.12	34.97	35.01	37.88	43.72	44.12	48.05	48.26	59.38	65.93	65.16	70.9
12.34	35.05	33.95	33.97	37.08	42.85	43.23	47.19	47.4	58.42	64.99	64.16	69.82
11.54	33.94	32.88	32.91	36.25	41.94	42.31	46.34	46.65	57.4	63.96	63.09	68.69
10.73	32.8	31.77	31.81	35.41	40.96	41.36	45.46	45.69	56.34	62.83	62.03	67.47
9.92	31.6	30.65	30.66	34.5	39.96	40.34	44.45	44.6	55.26	61.66	60.89	66.24
9.11	30.34	29.44	29.47	33.54	38.89	39.24	43.36	43.42	54.06	60.42	59.64	64.9
8.31	29.04	28.21	28.21	32.54	37.72	38.11	42.3	42.19	52.8	59.07	58.35	63.48
7.5	27.61	26.88	26.89	31.45	36.52	36.87	41.09	41.05	51.45	57.65	56.93	61.99
6.69	26.15	25.46	25.49	30.29	35.18	35.55	39.8	39.77	49.96	56.07	55.41	60.31
5.89	24.51	23.98	24	28.99	33.76	34.07	38.35	38.22	48.34	54.37	53.7	58.52
5.08	22.83	22.37	22.38	27.62	32.14	32.48	36.79	36.58	46.53	52.44	51.86	56.49
4.27	20.99	20.61	20.62	26.04	30.33	30.66	34.97	34.77	44.42	50.27	49.7	54.17
	T	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	T	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	T	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	T	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n
	<b>(Pa)</b>			<b>(Pa)</b>			<b>(Pa)</b>			<b>(Pa)</b>		
	<b>5.66</b>			<b>13.35</b>			<b>14.47</b>			<b>19.58</b>		
<b>R2</b>	11.78	3.64	0.71	11.1	10.61	0.43	8.52	15.85	0.36	20.91	17.44	0.36
<b>R3</b>	11.43	3.8	0.7	11.64	10.52	0.43	18.37	15.58	0.37	24.91	17.3	0.38
<b>Promedio</b>	<b>9.62</b>	<b>4.88</b>	<b>0.65</b>	<b>12.03</b>	<b>9.17</b>	<b>0.46</b>	<b>13.79</b>	<b>14.39</b>	<b>0.38</b>	<b>21.8</b>	<b>17.86</b>	<b>0.36</b>
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0.997</b>			<b>0.997</b>			<b>0.982</b>			<b>0.972</b>	

**Anexo 6:** Valores de propiedades reológicas, sinéresis y firmeza en relleno con aguaymanto en la proporción de almidón de yuca:goma guar y pH.

pH	Proporción almidón de yuca: goma guar	Esfuerzo de corte inicial (Pa)	Coefficiente de consistencia (Pa.s <sup>n</sup> )	Índice de comportamiento de flujo	Firmeza (N)	Sinéresis (%)
3.0	10.0:0.0	12.58	4.39	0.68	4.67	2.30
		12.67	4.48	0.67	3.68	2.40
		16.59	3.93	0.71	3.61	2.30
		<b>Promedio</b>	<b>13.95</b>	<b>4.27</b>	<b>0.69</b>	<b>3.98</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>2.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.02</b>	<b>0.59</b>	<b>0.06</b>
3.0	9.5:0.5	13.19	7.61	0.45	3.22	0.00
		13.63	7.07	0.46	3.25	0.00
		15.85	7.51	0.45	4.43	0.00
		<b>Promedio</b>	<b>14.22</b>	<b>7.40</b>	<b>0.45</b>	<b>3.63</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>1.43</b>	<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>0.69</b>	<b>0.00</b>
3.0	9.0:1.0	16.53	8.88	0.47	4.57	0.00
		18.81	7.78	0.50	5.47	0.00
		17.35	8.76	0.48	5.29	0.00
		<b>Promedio</b>	<b>17.57</b>	<b>8.48</b>	<b>0.48</b>	<b>5.11</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>1.15</b>	<b>0.60</b>	<b>0.02</b>	<b>0.48</b>	<b>0.00</b>
3.0	8.5:1.5	52.46	22.79	0.37	8.45	0.00
		48.44	26.21	0.34	9.05	0.00
		48.17	24.96	0.36	7.69	0.00
		<b>Promedio</b>	<b>49.69</b>	<b>24.65</b>	<b>0.36</b>	<b>8.39</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>2.40</b>	<b>1.73</b>	<b>0.01</b>	<b>0.68</b>	<b>0.00</b>
3.5	10.0:0.0	5.66	7.19	0.56	3.76	4.40
		11.78	3.64	0.71	3.60	4.30
		11.43	3.80	0.70	3.38	4.35
		<b>Promedio</b>	<b>9.62</b>	<b>4.88</b>	<b>0.65</b>	<b>3.58</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>3.43</b>	<b>2.00</b>	<b>0.09</b>	<b>0.19</b>	<b>0.05</b>
3.5	9.5:0.5	13.35	6.39	0.52	4.39	1.60
		11.10	10.61	0.43	4.84	1.50
		11.64	10.52	0.43	3.06	1.00
		<b>Promedio</b>	<b>12.03</b>	<b>9.17</b>	<b>0.46</b>	<b>4.09</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>1.18</b>	<b>2.41</b>	<b>0.05</b>	<b>0.93</b>	<b>0.32</b>
3.5	9.0:1.0	14.47	11.72	0.41	6.67	0.00
		8.52	15.85	0.36	5.47	0.00
		18.37	15.58	0.37	5.73	0.00
		<b>Promedio</b>	<b>13.79</b>	<b>14.39</b>	<b>0.38</b>	<b>5.96</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>4.96</b>	<b>2.31</b>	<b>0.02</b>	<b>0.63</b>	<b>0.00</b>
3.5	8.5:1.5	19.58	18.84	0.35	7.02	0.00
		20.91	17.44	0.36	5.49	0.00
		24.91	17.30	0.38	6.12	0.00
		<b>Promedio</b>	<b>21.80</b>	<b>17.86</b>	<b>0.36</b>	<b>6.21</b>
	<b>Desviación estándar</b>	<b>2.77</b>	<b>0.85</b>	<b>0.01</b>	<b>0.77</b>	<b>0.00</b>

**Anexo 7: Galería de fotografías**



Figura A. Aguaymanto



Figura B. Pulpa de Aguaymanto



Figura C. Almidón de yuca



Figura D. Relleno con mango



Figura E. Licuadora semi industrial



Figura F. Reómetro



Figura G. Texturómetro



Figura H. Centrífuga

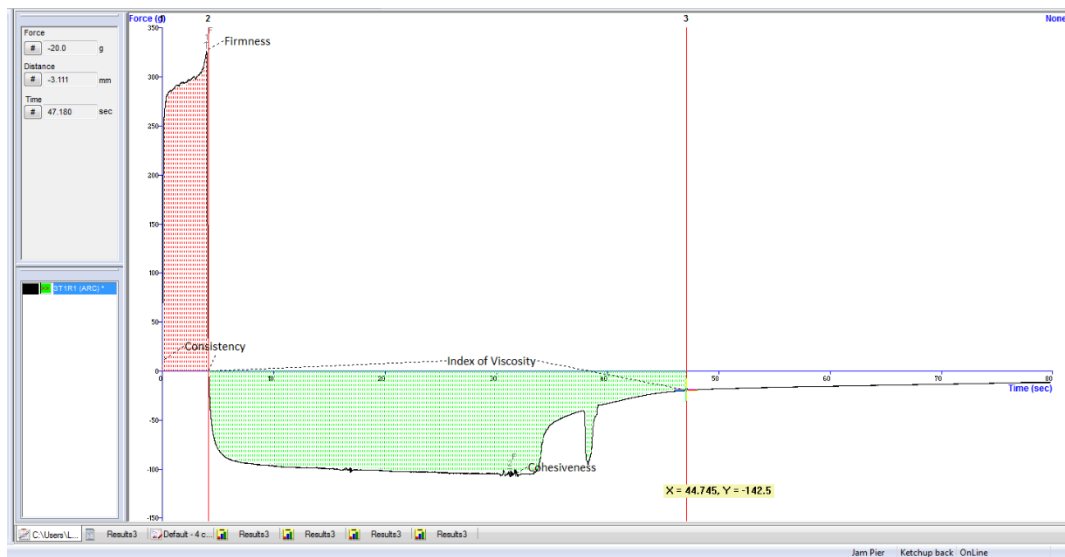


Figura I. Índice de extrusión