



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y  
COMERCIO EXTERIOR**

**“EFECTO DE LA PROPORCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum  
tuberosum* L.): MAÍZ (*Zea mays* L.): CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) EN  
LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS Y TEXTURALES DE GELES”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

**AUTOR:**

Barreto Ramos, Amelhyn Cristhy

**ASESOR:**

Ms. Barraza Jáuregui, Gabriela del Carmen

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Procesos agroindustriales

**TRUJILLO-PERÚ**

**2018**

“EFECTO DE LA PROPORCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*  
L.): MAÍZ (*Zea mays* L.): CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) EN LAS  
CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS Y TEXTURALES DE GELES”

---

AMELHYN CRISTHY BARRETO RAMOS

Presentada a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior de la  
Universidad César Vallejo para su aprobación.

---

MSc. Sandra Elizabeth Pagador Flores

PRESIDENTE

---

MSc. Antis Cruz Escobedo

SECRETARIO

---

MSc. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui

VOCAL

## DEDICATORIA

### **A Dios.**

*Por haberme dado la fuerza y no desmayar ante los problemas que se presentaban.  
Por la salud para poder lograr mis objetivos, estar conmigo paso a paso e iluminar  
mi mente.*

### **A mi madre Nélide**

*Por su apoyo incondicional en todo momento y encaminar mi vida, por creer en mí,  
por su perseverancia y su infinito amor.*

### **A mi padre Edgardo**

*Quien me cuida y guía desde el cielo. Por sus consejos y haber forjado mis  
principios hasta el último día de su compañía.*

### **A mi abuela Cristina**

*Por su eterno amor y dedicación. Por haber sido uno de los pilares más importantes  
en mi vida.*

### **A mi familia en general**

*Por su confianza, grandes deseos y apoyo desinteresado.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por protegerme durante toda mi vida y darme el valor para superar las dificultades.*

*A mi madre, por su amor, paciencia y gran ejemplo de lucha para lograr nuestras metas.*

*A mis familiares, por compartir conmigo alegrías y fracasos.*

*A Julio Guerrero, por su apoyo y amor incondicional en el logro de este objetivo.*

*Un sincero y especial agradecimiento a MSc. Gabriela del Carmen Barraza Jaureguí, por sus enseñanzas y dirigir la realización de este trabajo de investigación.*

*A la escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo por permitirme el uso de sus instalaciones para el desarrollo de este proyecto.*

*A todos y cada una de las personas que contribuyeron directa e indirectamente en este proyecto.*

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo Amelhyn Cristhy Barreto Ramos con DNI N° 70009024, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería; Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, declaro bajo juramento que toda la documentación es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad y omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, junio del 2018

---

Amelhyn Cristhy Barreto Ramos

DNI: 70009024

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En el cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Efecto de la proporción de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.): maíz (*Zea mays* L.): camote (*Ipomoea batatas* L.) en las características reológicas y texturales de geles”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior.

Amelhyn Cristhy Barreto Ramos

## ÍNDICE

Página de jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Trabajos previos.....	2
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	6
1.4. Formulación de problema.....	22
1.5. Justificación del estudio.....	22
1.6. Hipótesis.....	24
1.7. Objetivos.....	24
II. MÉTODO.....	26
2.1. Diseño de investigación.....	26
2.2. Variables y operacionalización.....	32
2.3. Población y muestra.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	37
2.5. Método de análisis de datos.....	40
2.6. Aspectos éticos.....	41
III. RESULTADOS.....	42
IV. DISCUSIÓN.....	73
V. CONCLUSIÓN.....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. REFERENCIAS.....	78
ANEXOS.....	87

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía y morfología de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	7
Cuadro 2. Composición química y valor nutricional de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	8
Cuadro 3. Taxonomía y morfología del camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.).....	10
Cuadro 4. Composición química y valor nutricional del camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.) variedad morado por cada 100 gr.....	11
Cuadro 5. Características y composición de diferentes granos de almidón.....	14
Cuadro 6. Diseño de mezclas para tres componentes.....	21
Cuadro 7. Mezclas para un diseño simplex reticular con centroide ampliado.....	22
Cuadro 8. Tratamientos experimentales del diseño Simplex Reticular con Centroide Ampliado.....	27
Cuadro 9. Operacionalización de variables independientes y dependientes.....	33
Cuadro 10. Rendimiento de almidón de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) y camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.).....	42
Cuadro 11. Porcentaje de humedad en los almidones de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.): maíz ( <i>Zea mays</i> L.): camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.).....	42
Cuadro 12. Porcentaje de amilosa los almidones de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.): maíz ( <i>Zea mays</i> L.): camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.).....	43
Cuadro 13. Tensión de fluencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	43
Cuadro 14. Análisis de varianza de modelos para tensión de fluencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	44

Cuadro 15. Coeficientes de determinación de modelos para tensión de fluencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	44
Cuadro 16. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a la tensión de fluencia de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	45
Cuadro 17. Índice de comportamiento reológico en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	46
Cuadro 18. Análisis de varianza de modelos para índice de comportamiento reológico en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	47
Cuadro 19. Coeficientes de determinación de modelos para índice de comportamiento reológico en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	48
Cuadro 20. Índice de consistencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	48
Cuadro 21. Análisis de varianza de modelos para el índice de consistencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	49
Cuadro 22. Coeficientes de determinación de modelos para índice de comportamiento reológico en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	50
Cuadro 23. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado al índice de consistencia de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	50
Cuadro 24. Dureza en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	52
Cuadro 25. Análisis de varianza de modelos para dureza en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	53
Cuadro 26. Coeficientes de determinación de modelos para dureza en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	53

Cuadro 27. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la dureza de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	54
Cuadro 28. Elasticidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	56
Cuadro 29. Análisis de varianza de modelos para elasticidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	57
Cuadro 30. Coeficientes de determinación de modelos para dureza en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	57
Cuadro 31. Cohesividad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz camote.....	58
Cuadro 32. Análisis de varianza de modelos para cohesividad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	59
Cuadro 33. Coeficientes de determinación de modelos para cohesividad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	59
Cuadro 34. Gomosidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	60
Cuadro 35. Análisis de varianza de modelos para gomosidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	61
Cuadro 36. Coeficientes de determinación de modelos para gomosidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	61
Cuadro 37. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la gomosidad de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	62
Cuadro 38. Masticabilidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	64
Cuadro 39. Análisis de varianza de modelos para masticabilidad en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	65

Cuadro 40. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la masticabilidad de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	65
Cuadro 41. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la masticabilidad de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	66
Cuadro 42. Resiliencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	68
Cuadro 43. Análisis de varianza de modelos para resiliencia en geles de almidón con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	69
Cuadro 44. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la resiliencia de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz: camote.....	69
Cuadro 45. Diseño experimental del registro de datos de las características reológicas de geles.....	92
Cuadro 46. Diseño experimental del registro de datos de las características texturales de geles.....	92
Cuadro 47. Diseño experimental del registro de datos de humedad para la determinación de humedad de la materia prima.....	94
Cuadro 48. Diseño experimental del registro de datos para la determinación de amilosa.....	95
Cuadro 49. Registro de datos para la determinación de las características reológicas (1ra repetición).....	96
Cuadro 50. Registro de datos para la determinación de las características reológicas (2da repetición).....	97
Cuadro 51. Registro de datos para la determinación de las características reológicas (3era repetición).....	98
Cuadro 52. Registro de datos para la determinación de las características texturales (1era repetición).....	99

Cuadro 53. Registro de datos para la determinación de las características texturales (2da repetición).....	100
Cuadro 54. Registro de datos para la determinación de las características texturales (3era repetición).....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva típica de medición instrumental de TPA con texturómetro.....	19
Figura 2. Diseño simplex con centroide ampliado para tres componentes.....	26
Figura 3. Esquema experimental del efecto de la proporción de almidón de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), maíz ( <i>Zea mays</i> L.) y camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.) en geles.....	28
Figura 4. Diagrama de flujo para obtención de almidón de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.).....	29
Figura 5. Superficie de contornos en la tensión de fluencia de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote.....	46
Figura 6. Superficie de contornos en el índice de consistencia de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote.....	51
Figura 7. Superficie de contornos en la dureza de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote.....	55
Figura 8. Superficie de contornos en la gomosidad de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote.....	63
Figura 9. Superficie de contornos en la masticabilidad de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote.....	67
Figura 10. Superposición de superficie de contornos para la optimización de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote en características reológicas.....	71
Figura 11. Superposición de superficie de contornos para la optimización de geles con las proporciones de almidón de papa: maíz y camote en características reológicas.....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del almidón de maíz DURYEA.....	87
Anexo 2. Análisis de determinación de Humedad.....	88
Anexo 3. Análisis de determinación de Amilosa.....	89
Anexo 4. Método para determinar las características reológicas.....	90
Anexo 5. Método para determinar el comportamiento textural.....	91
Anexo 6. Formato general para el registro de datos de las características reológicas de geles.....	92
Anexo 7. Formato general para el registro de datos de las características texturales de geles.....	93
Anexo 8. Formato general para el registro del porcentaje de humedad de los almidones.....	94
Anexo 9. Formato general para el registro del porcentaje de amilosa de los almidones.....	95
Anexo 10. Registro de los datos para la determinación de las características reológicas (1, 2 y 3 era repetición).....	96
Anexo 11. Registro de los datos para la determinación de las características texturales (1, 2, 3 y era repetición).....	99
Anexo 12. Proceso de extracción de almidón.....	102
Anexo 13. Determinación de humedad.....	106
Anexo 14. Determinación de amilosa y amilopectina.....	107
Anexo 15. Proceso de elaboración de geles.....	108
Anexo 16. Análisis reológico de geles.....	109
Anexo 17. Análisis textural de geles.....	110

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la proporción de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.): maíz (*Zea mays* L.): camote (*Ipomoea batatas* L.) en las características reológicas y texturales de geles. Se empleó papa Yungay, camote variedad morado y almidón de maíz comercial. Se trabajó con un diseño simplex reticular con centroide ampliado con tres repeticiones por cada tratamiento, con un total de 10 tratamientos a diferentes proporciones (T1: 100% AP, 0% AM, 0% AC; T2: 0% AP, 100% AM, 0% AC; T3: 0% AP, 0% AM, 100% AC; T4: 50% AP, 50% AM, 0% AC, T5: T5: 50% AP, 0% AM, 50% AC; T6: 0% AP, 50% AM, 50% AC; T7: 33% AP, 33% AM, 33% AC; T8: 8: 67% AP, 17% AM, 17% AC; T9: 17% AP, 67% AM, 17% AC; T10: 17% AP, 17% AM, 67% AC). Los porcentajes de rendimiento de extracción de almidón fueron para papa 24.975% y camote 25.850%. Los resultados mostraron variaciones en el contenido de amilosa. Las características reológicas que indicaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), fueron tensión de fluencia e índice de consistencia, así mismo en las características texturales de dureza, gomosidad y masticabilidad.

En base a los resultados observados se puede concluir que la evaluación de las características reológicas demostró que todos los geles de almidón tuvieron un comportamiento “no newtoniano” de tipo “pseudoplástico” y siguieron el modelo matemático de Hershel- Bulkley. Se determinó tres posibles zonas (alta, media y baja) de optimización que permiten obtener características reológicas y texturales, de acuerdo al posible uso de la mezcla.

**Palabras claves:** Almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.), almidón de maíz (*Zea mays* L.), almidón de camote (*Ipomoea batatas*), características reológicas y texturales.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of potato starch (*Solanum tuberosum* L.): corn (*Zea mays* L.): sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) on the rheological and textural characteristics of gels. Papa Yungay, purple variety sweet potato and commercial corn starch were used. With a total of 10 treatments at different proportions (T1: 100% AP, 0% AM, 0% AC, T2: 0% AP, 100% AM), 0% AC; T3: 0% AP, 0% AM, 100% AC; T4: 50% AP, 50% AM, 0% AC, T5: T5: 50% AP, 0% AM, 50% AC; T6: 0% AP, 50% AM, 50% AC; T7: 33% AP, 33% AM, 33% AC; T8: 8: 67% AP, 17% AM, 17% AC; T9: 17% AP, 67% AM, 17% AC; T10: 17% AP, 17% AM, 67% AC). The yield percentages of the starch extraction were for potato 24.975% and sweet potato 25.850%. The most relevant results in the content of amylose. The rheological characteristics that indicated significant differences ( $p < 0.05$ ), were yield stress and consistency index, likewise in the textural characteristics of hardness, gumminess and chewiness.

Based on the results observed, it can be concluded that the evaluation of the rheological characteristics showed that all the starch gels had a "non-Newtonian" behavior of the "pseudoplastic" type and followed the mathematical model of Hershel-Bulkley. Three possible zones (high, medium and low) were determined, which allows obtaining rheological and textural advantages, according to the possible use of the mixture.

**Key words:** potato starch (*Solanum tuberosum* L.), corn starch (*Zea mays* L.), sweet potato starch (*Ipomoea batatas* L.), rheological and textural characteristics