



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

---

**Tema:** Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (*Ipomoea batata*) para aplicaciones alimentarias.

---

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

El estudio es parte del proyecto canje de deuda Ecuador-España dentro del programa: “Fortalecimiento de la UOITA para la investigación tecnológica e innovación en el área de alimentos con el fin de promover el desarrollo de empresas agroindustriales en la zona 3 del país y monitorear el contenido de metales pesados en los cultivos afectados por las cenizas provenientes del volcán Tungurahua”, aprobado por el Honorable Concejo Universitario con Resolución 1371-CU-P-2014, financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato.

**AUTOR:** Lisbeth Adela Manzanillas Rojas

**TUTOR:** Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

**AMBATO-ECUADOR**

**Julio 2018**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

**Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar**

CERTIFICA:

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

Ambato, 19 de octubre del 2017.



---

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

C.I. 050187395-4

TUTOR

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lisbeth Adela Manzanillas Rojas, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas.



Lisbeth Adela Manzanillas Rojas

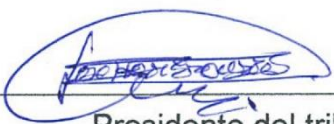
C.I. 180456164-3

AUTORA

## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para constancia firman:



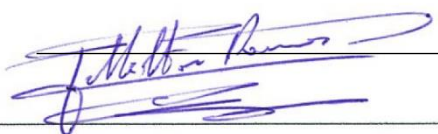
---

Presidente del tribunal



---

Mg. Cecilia Mercedes Carpio  
C.I. 170462765-0



---

Dr. Milton Rubén Ramos Moya  
C.I. 1801119635

Ambato, 09 de febrero del 2018

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este proyecto de investigación o parte del documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

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



---

Lisbeth Adela Manzanillas Rojas  
C.I. 180456164-3  
AUTORA

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y las fuerzas para continuar cuando estaba al punto de caer; por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlos cada día más; permitiéndome haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por ello con toda la humildad que mi corazón puede emanar dedico principalmente este trabajo a Dios.

A mi madre Adelita Rojas por ser mi pilar fundamental y ser la persona que me acompañó durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida, por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ayudado a salir siempre adelante en mis momentos difíciles.

A mi padre Galo Manzanillas por ser el hombre que me dio la vida y que gracias a sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanas Marianella; Cecibel y Daniela porque siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo.

A mis queridos sobrinos Anddy Daniel, Brahan Leonardo, Galo José, José David, Santiago Leonardo, Paulita Adela y Francisco Javier por su cariño, por compartir buenos y malos momentos.

A mi tía Zulema por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento y a mi tío George por estar siempre presente en cualquier necesidad que se me presente.

A mi esposo Mario Moreno por ese optimismo que siempre me impulso a seguir adelante, a la vez por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A mi hija Kristel Moreno por todas las veces que no pudo tener una madre de tiempo completo y que siempre ha sido mi inspiración para culminar con mi objetivo.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis amigos por haber logrado nuestro gran objetivo con mucha perseverancia y por demostrarme que podemos ser grandes amigos y compañeros de trabajo a la vez.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica.

A la vez deseo expresar mi agradecimiento a mi tutor de este trabajo de graduación, Dra. Mayra Paredes, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad.

Así mismo, agradezco a mis ingenieros del Proyecto canje de deuda Ecuador – España (UOITA) su apoyo personal y humano, especialmente al Ing. Mario Alvares y a la Ing. Mónica Silva, con quien he compartido mi proyecto e ilusiones durante estos años. Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas.

En este caso mi más sincero agradecimiento a mis calificadores a la Mg. Cecilia Carpio, y al Dr. Milton Ramos con cuyo trabajo estaré siempre en deuda. Gracias por su amabilidad para facilitarme su tiempo y sus ideas. Por su orientación y atención a mis consultas.

Mi agradecimiento al Dr. Iñaki Angos, por el material facilitado y las sugerencias recibidas.

Finalmente, gracias a la Ing. Wilma Llerena, por ayudarme con la revisión cuidadosa que ha realizado de este texto y sus valiosas sugerencias en momentos de duda. Pero un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales.

Gracias a mi familia, a mis padres y a mis hermanas, porque con ellos compartí una infancia feliz, que guardo en el recuerdo y es un aliento para seguir escribiendo sobre la infancia. Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión. Pero, sobre todo, gracias a mi marido y a mi hija, por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto, por el tiempo que me han concedido, un tiempo robado a la historia familiar. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo. A todos, muchas gracias.

## ÍNDICE GENERAL

### PÁGINAS PRELIMINARES

Aprobación del tutor.....	ii
Declaración de autenticidad.....	iii
Aprobación de los miembros del tribunal de grado .....	iv
Derechos de autor .....	v
Dedicatoria .....	vi
Agradecimientos.....	vii
Índice general .....	viii
Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras .....	xiii
Lista de abreviaturas .....	xv
Abstract .....	xvii
Resumen .....	xviii
Introducción .....	xix

### CAPÍTULO I.- EL PROBLEMA

1.1. Tema .....	1
1.2. Justificación .....	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	2

### CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1. Camote .....	3
2.2. Almidón.....	5
2.2.1. Gelatinización.....	7
2.2.2. Retrogradación.....	8
2.3. Antecedentes investigativos.....	9
2.4. Hipótesis.....	10
2.4.1. Señalamiento de variables de las hipótesis.....	11



Variables independientes .....	11
Variables dependientes .....	11

### **CAPÍTULO III.- MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Materiales .....	12
3.1.1. Material vegetal .....	12
3.1.2. Extracción de fécula.....	12
3.2. Propiedades fisicoquímicas .....	13
3.2.1. Apariencia microscópica y tamaño.....	13
3.2.2. Color .....	13
3.2.3. Humedad .....	14
3.2.4. Almidón total .....	14
3.2.5. Amilosa .....	15
3.3. Propiedades funcionales de las féculas .....	15
3.3.1. Claridad de las pastas .....	15
3.3.2. Capacidad de retención de agua .....	16
3.3.3. Solubilidad (sol) y factor de hinchamiento (fh).....	16
3.3.4. Temperatura de gelatinización de la fécula de camote .....	17
3.3.5. Viscosidad aparente .....	17
3.4. Análisis estadístico .....	17
3.4.1. Diseño experimental .....	17

### **CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Análisis y discusión de resultados.....	19
4.1.1. Material vegetal .....	19
a) Características físicas de la materia prima .....	20
b) Rendimiento de extracción del almidón .....	21
4.1.2. Propiedades fisicoquímicas .....	21
a) Apariencia microscópica .....	21
b) Color .....	22

c) Humedad.....	24
d) Almidón total .....	25
e) Amilosa .....	26
4.1.3. Propiedades funcionales.....	27
a) Claridad de las pastas.....	27
b) Capacidad de retención de agua (CRA).....	28
c) Solubilidad (SOL) .....	30
d) Factor de hinchamiento (FH).....	31
e) Temperatura de gelatinización .....	32
f) Viscosidad aparente.....	33
g) Aplicaciones alimentarias.....	37
4.2. Verificación de hipótesis .....	38
<b>CAPÍTULO V.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1. Conclusiones .....	40
5.2. Recomendaciones .....	41
<b>CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
6.1. Bibliografía.....	42
7. Anexos .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción taxonómica del camote .....	3
<b>Tabla 2.</b> Camote anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) procedente de la provincia de Loja, cantón Zapotillo.....	19
<b>Tabla 3.</b> Caracterización física de camote anaranjado (CA), blanco (CA) y morado (CM) .....	20
<b>Tabla 4.</b> Caracterización física de camote anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) .....	21
<b>Tabla 5.</b> Apariencia microscópica y tamaño del de fécula de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM).....	22
<b>Tabla 6.</b> Coordenadas cromáticas del espacio de color CieLab de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM).....	23
<b>Tabla 7.</b> Croma (C*), tono (°Hue), índice de blancura (IB), índice de amarillez (IA) y diferencia total de color ( $\Delta T$ ) en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) .....	23
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje de materia seca y humedad de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM).....	25
<b>Tabla 9.</b> Contenido de almidón en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) .....	25
<b>Tabla 10.</b> Contenido de amilosa en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) .....	27
<b>Tabla 11.</b> Claridad de las pastas de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) .....	28
<b>Tabla 12.</b> Temperatura (°C) y entalpía $\Delta H$ ( $J \cdot g^{-1}$ ) de gelatinización en féculas de tres variedades de camote: temperatura inicial ( $T_i$ ), temperatura pico ( $T_p$ ), temperatura final ( $T_f$ ) y entalpía ( $\Delta H_g$ ) .....	32

<b>Tabla 13.</b> Modelos matemáticos de viscosidad aparente en suspensiones de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) .....	35
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Planta de camote ( <i>Ipomoea batata</i> ).....	4
<b>Figura 2.</b> Variedades de camote cultivado en Loja-Ecuador: a) morado, b) blanco y c) amarillo. ....	5
<b>Figura 3.</b> Estructura química de la Amilosa.....	6
<b>Figura 4.</b> Estructura química de la Amilopectina. ....	7
<b>Figura 5.</b> Gelatinización de gránulos de almidón.....	8
<b>Figura 6.</b> Mecanismos de retrogradación del almidón.....	9
<b>Figura 7.</b> Diferencia total de color ( $\Delta T$ ) entre féculas de camote: anaranjado (■), blanco (■) y morado (■). ....	24
<b>Figura 8.</b> Curva estándar de amilosa de papa.....	26
<b>Figura 9.</b> Capacidad de retención de agua ( $g_{\text{agua}} \cdot g_{\text{muestra}}^{-1}$ ) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■).....	29
<b>Figura 10.</b> Solubilidad (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■). ....	30
<b>Figura 11.</b> Poder de hinchamiento (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■). ....	31
<b>Figura 12.</b> Relación entre la velocidad de cizalla ( $\dot{\gamma}; s^{-1}$ ) y el esfuerzo de cizalla ( $\tau; Pa$ ) en fluidos tipo plástico de Bingham (A), Pseudoplástico con umbral de fluencia (B), Pseudoplástico (C), Newtoniano (D) y Dilatante (E).....	33
<b>Figura 13.</b> Relación entre la velocidad de cizalla $\log(\dot{\gamma}; s^{-1})$ y el esfuerzo de cizalla ( $\log \tau; Pa \cdot s$ ) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■). Féculas calentadas a 50 °C (A), féculas calentadas a 60 °C (B), féculas calentadas a 70 °C (C), féculas calentadas a 80 °C (D) y féculas calentadas a 90 °C (E).....	34

**Figura 14.** Velocidad de cizalla  $\log \dot{\gamma}$  ( $s^{-1}$ ) vs esfuerzo de cizalla  $\log \tau$  de féculas de tres variedades de camote: anaranjado CA (◆), blanco CB (●) y morado CM (■)  
..... 36

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>PFQ</b>	Propiedades fisicoquímicas
<b>PF</b>	Propiedades funcionales
<b>CA</b>	Camote anaranjado
<b>CB</b>	Camote blanco
<b>CM</b>	Camote morado
<b>CRA</b>	Capacidad de retención de agua
<b>SOL</b>	Solubilidad
<b>FH</b>	Factor de hinchamiento
<b><math>\Delta H_g</math></b>	Entalpía de gelatinización
<b>p/v</b>	Relación peso – volumen
<b>°C</b>	Grados Celcius
<b>L*</b>	Luminosidad
<b>a*</b>	Parámetro a
<b>b*</b>	Parámetro b
<b>C*</b>	Cromaticidad
<b>°H</b>	Tono
<b>IB</b>	Índice de blancura
<b>IA</b>	Índice de Amarillez
<b><math>\Delta E</math></b>	Diferencia total de color
<b>AACC</b>	American Association of Cereal Chemists, Asociación Americana de Químicos de Cereales
<b>HCl</b>	Ácido clorhídrico
<b>G</b>	Gramos
<b>mL</b>	Mililitros
<b><math>\mu L</math></b>	Microlitros
<b>Rpm</b>	Revoluciones por minuto

<b>T<sub>o</sub></b>	Temperatura onset
<b>T<sub>p</sub></b>	Pico máximo de temperatura
<b>T<sub>f</sub></b>	Temperatura final
<b>v/v</b>	Relación volumen – volumen
<b>N</b>	Normalidad
<b>η<sub>m</sub></b>	Nanómetros
<b>UV-VIS</b>	Detección en el campo ultravioleta y visible
<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza



## ABSTRACT

In this research work we evaluated the physicochemical properties (PFQ) and functional (PF) of starches orange sweet Potato (CA), White (CB) and purple (cm) from Zapotillo-Loja.

The physicochemical properties determined were the microscopic morphology of the granule, color, starch content and amylose. Between the functionless properties, the clarity of the pastes, water retention capacity, solubility, swelling factor, viscosity and gelatinization temperature were measured.

The granules of the different starches presented shapes between spherical and oval with a size range of 15, 6-17.5  $\mu\text{m}$ . Differences in color between varieties were determined both in tone, Chroma and in Yellowness index. White sweet potato starch presented the highest values of water retention capacity and solubility index. The gelatinization temperature presented by the orange, white and purple variety was 71, 5, 80, 8 and 80, 4 respectively. The content of starch and amylose varied in each sample between 25, 12-27, 86% and 35, 04-39, 70%, respectively. The suspension of purple sweet potato starch has the highest viscosity among the starches analyzed

White and purple sweet potato starches may be recommended for high temperature processed foods where the viscosity of the product is desirable. The highest percentage of clarity was presented by yellow sweet potato starch.

**Key words:** starches, gelatinization, viscosity, tuber, food additive.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron las propiedades fisicoquímicas (PFQ) y funcionales (PF) de féculas de camote anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) procedentes de Zapotillo - Loja.

Las propiedades fisicoquímicas determinadas fueron la morfología microscópica del gránulo, color, contenido de almidón y amilosa. Entre las propiedades funcionales se midió la claridad de las pastas, capacidad de retención de agua, solubilidad, factor de hinchamiento, viscosidad y temperatura de gelatinización.

Los gránulos de los diferentes almidones presentaron formas entre esférica y ovalada con un rango de tamaño de 15,6 - 17,8  $\mu\text{m}$ . Se determinaron diferencias de color entre variedades tanto en tono, croma como en índice de amarillez. El almidón de camote blanco presentó los mayores valores de capacidad de retención de agua e índice de solubilidad. La temperatura de gelatinización presentada por la variedad anaranjado, blanco y morado fue de 71,5, 80,8 y 80,4 respectivamente. El contenido de almidón y de amilosa varió en cada muestra entre 25,12 - 27,86 % y 35,04- 39,70 %, respectivamente. La suspensión del almidón de camote morado presenta la mayor viscosidad de entre las féculas analizadas

Los almidones de camote blanco y morado podrían ser recomendados para alimentos procesados a altas temperaturas donde la viscosidad del producto es deseable. El mayor porcentaje de claridad fue presentado por la fécula de camote amarillo.

**Palabras clave:** Féculas, gelatinización, viscosidad, tubérculo, aditivo alimenticio.

## INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batata*) es una planta dicotiledónea, originaria de zonas tropicales de América Central, fue introducida en Europa por Cristóbal Colón; posteriormente en África y Asia por portugueses y españoles (Abegunde *et al.*, 2013). En la actualidad, China es el mayor productor de camote (117 millones de toneladas) a nivel mundial. Por su alto rendimiento, este tubérculo ha jugado un papel importante en la economía de este país, contribuyendo a la alimentación de esta población que crece drásticamente (Abegunde *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2016).

La batata se clasifica como el cultivo alimentario más importante después de arroz, trigo, papa, maíz y yuca (Wang *et al.*, 2016). Actualmente, se cultiva en zonas tropicales y subtropicales e incluso en algunas zonas templadas de países en vías en desarrollo (Ishida *et al.*, 2000; Shekhar *et al.*, 2015).

Los cultivos de raíces y tubérculos son fuentes ricas en almidón (16-24 %), mismo que proporciona el 75 a 80 % de la ingesta calórica total en todo el mundo. Es una de las principales fuentes de alimentos, piensos y materias primas industriales (Shekhar *et al.*, 2015). A partir de estos se elaboran productos como fideos de almidón, alimentos de panadería, bocadillos, confitería, jarabe de almidón y alcohol (Abegunde *et al.*, 2013).

A nivel industrial, el almidón juega un papel vital en el desarrollo de productos alimenticios como materia prima y aditivo alimentario (Chel-Guerrero *et al.*, 2016). Se lo emplea como espesante, estabilizador o mejorador de textura; contribuye a la calidad de productos almacenados mejorando la retención de humedad y controlando la movilidad del agua. Además, es utilizado como vehículo de entrega de sustancias de interés en alimentos (colorantes y saborizantes) y productos farmacéuticos (antioxidantes, proteínas activas) (Abegunde *et al.*, 2013).

Las tendencias nacionales de producción y consumo de las raíces y tubérculos andinos demuestran que estos cultivos, son rubros que presentan diferentes alternativas para su transformación agroindustrial. En Ecuador, existen diferentes tubérculos como: papa, melloco, oca, mashua, jícama, miso, achira y zanahoria blanca. Las posibilidades de fomentar el uso y consumo dependerán de sus principales componentes químicos y de las características físicas, nutricionales y funcionales que estas presenten para orientar sus posibles usos y aplicaciones. La extracción de almidón es una de las formas más comunes de industrialización; las diferencias en la tasa de extracción estarán determinadas por el contenido intrínseco de almidón en cada especie, el tamaño del tubérculo o raíz y el tamaño de los gránulos de almidón (Barrera *et al.*, 2004).

En Ecuador, el camote es un cultivo aún desconocido, su consumo per cápita es muy bajo con apenas  $2 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$  (El Universo, 2012). La provincia de Loja presenta las características geográficas y climáticas y el suelo propicios para el cultivo de camote ocupando el primer lugar en cuanto a superficie sembrada (100 ha) y producción (270,9 Ton). Sin embargo, en rendimiento ocupa el séptimo lugar ( $2220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) respecto a otras provincias productoras como: Morona Santiago, Pichincha, Carchi, Imbabura, Pastaza, Guayas y Manabí (Chamba, 2011; Chamba, 2008).

A pesar de que el consumo de camote en el país es poco habitual, países de Europa, América y Asia exportan grandes volúmenes de este tubérculo (500 a 45000 Ton) (PROECUADOR, 2013).

## **CAPÍTULO I.- EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA**

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES DE FÉCULAS DE TRES VARIEDADES DE CAMOTE (*Ipomoea batata*) PARA APLICACIONES ALIMENTARIAS”

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El camote es el quinto alimento más importante en los países en desarrollo, después del arroz, trigo, maíz y mandioca. Debido a sus sobresalientes características nutricionales (proteína, fibra, minerales y vitaminas) y culinarias se lo considera como un alimento potencialmente funcional. El incremento de la producción mundial de este tubérculo lo ubica como un medio para mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria en los segmentos más pobres de la población rural. Se adapta muy bien a diferentes condiciones ambientales y es relativamente tolerante a la sequía y el calor (De la Torre, 2004). Además, es un tubérculo de bajo costo de producción y una fuente importante de almidón (65% en base seca). Esto lo convierte en un material promisorio para la obtención de distintos subproductos a nivel industrial como es el caso de las féculas.

En Ecuador, la Provincia de Loja se ubica como el primer productor de camote a nivel nacional seguido de Manabí. Sin embargo, la producción de este tubérculo no abastece el mercado nacional en su totalidad. El consumo se ha centrado enteramente en las zonas cálidas de producción, lo cual hace que muy pocas personas conozcan y aprovechen sus beneficios.

Mediante este trabajo de investigación se pretende evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de camote e identificar las posibles aplicaciones industriales para la elaboración de productos de uso alimentario. De este modo se dará un valor agregado a la producción de

esta raíz proveniente de la zona sur oriental del país como alternativa de producción para los campesinos de estos sectores del Ecuador.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de tres variedades de camote para aplicaciones alimentarias

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la influencia de la variedad de camote en el rendimiento de la fécula.
- Evaluar el efecto de la variedad en las propiedades fisicoquímicas de las féculas obtenidas.
- Determinar el efecto de la variedad en las propiedades funcionales de las féculas obtenidas.
- Establecer las aplicaciones industriales de las féculas obtenidas en función de sus propiedades funcionales.

## CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

### 2.1. CAMOTE

El camote (*Ipomoea batata*) o batata es una planta dicotiledónea rastrera de la familia Convolvulaceae (Tabla 1); sus raíces son ricas en almidón (Tincopa, 2010). Esta planta herbácea (Figura 1) presenta un tallo pubescente de color verde, verde bronceado y púrpura, con una longitud de hasta 1 m; las hojas tienen formas y colores variables incluso en una misma planta. Las flores tienen forma de copas o campanillas, agrupadas en inflorescencias de tipo racimo; la raíz es la parte comestible del camote y posee un sabor dulce muy agradable. El color de la cáscara varía de blanquecino a amarillo y la pulpa oscila entre el amarillo, anaranjado, morado y blanco según la variedad (Benavides, 2011).

**Tabla 1.** Descripción taxonómica del camote

CAMOTE	
Reino:	Viridiplantae
División:	Magnoliopyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Convolvulaceae
Género:	Ipomoea
Sección:	Batatas
Nombre Científico:	<i>Ipomoea batata</i> (L).
Nombre Común:	Boniato, batata, patata dulce, camote.

**Fuente:** Rubio y Túqueres (2012)

Se cultiva en zonas cálidas con temperaturas entre 20 y 30 °C y a una altitud de 300 a 1000 m.s.n.m.; en temperaturas más bajas y a una altitud superior a los 1300 m.s.n.m. el ciclo se extiende de 120 días hasta 140 días. El cultivo no tolera excesos de precipitación con anegamiento,

encontrándose en zonas de precipitación anual de 500 a 1800 mm/año sin ningún problema. Es un cultivo de siembra continua (todo el año), preferiblemente si son variedades no fotosintéticas. Se lo cultiva en suelos francos con alto contenido de materia orgánica ( $\geq 3\%$ ), aunque se produce muy bien en suelos pesados y arenosos con un pH en el rango de 5,5 a 6,0 (A. Chamba, 2011; Sierra, 2005).



**Figura 1.** Planta de camote (*Ipomoea batata*).  
**Fuente:** Tincopa (2010)

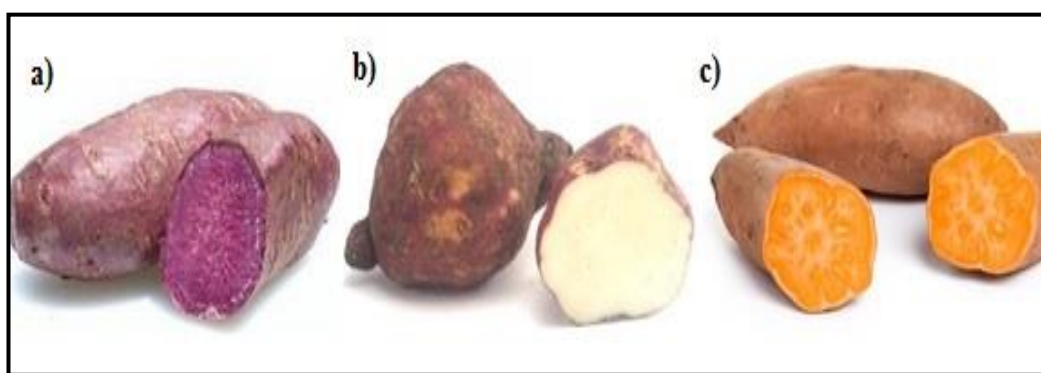
El camote se agrupa en dos tipos: camote firme o consistente y camote húmedo o blando; en América Latina tradicionalmente se consumen variedades de camote del tipo firme, puesto que conservan su forma al ser cocidos (Zhindón, 2013).

Las principales variedades son la blanca, amarilla, anaranjada y morada; cada una de ellas con diferentes ciclos vegetativos. El camote morado es dulce y se caracteriza por tener la corteza (piel) y la pulpa morada, posee propiedades antioxidantes y un alto valor vitamínico y proteico. El camote



amarillo es de sabor dulce, piel amarilla y pulpa naranja intenso. El camote blanco se caracteriza por su color crema tanto en la piel como en la pulpa y es utilizado para la producción de almidón, ya que no es dulce como las otras variedades (Rubio y Túqueres, 2012).

En el Ecuador, las variedades se cultivan de acuerdo a la región (Figura 2); en la costa hay preferencia por camote con piel y carne morada. En la sierra y el oriente se consume el camote de piel rosada, morada y crema, con pulpa seca y húmeda de coloración anaranjada, amarilla, crema y blanca (Zhindón, 2013).



**Figura 2.** Variedades de camote cultivado en Loja-Ecuador: a) morado, b) blanco y c) amarillo.

**Fuente:** Zhindón (2013)

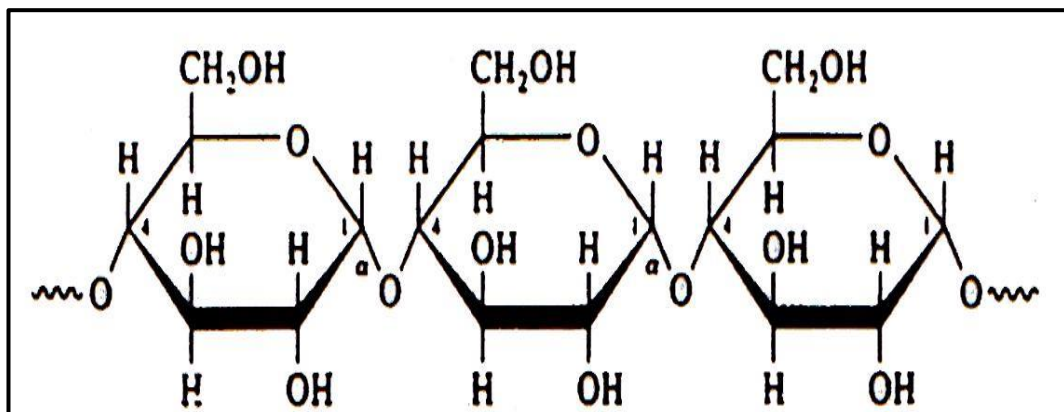
## 2.2. ALMIDÓN

El almidón o fécula, es la fuente de almacenamiento más importante en las plantas; desde el punto de vista nutricional es la sustancia más importante que existe por su volumen de consumo, disponibilidad y precio (Pramodrao y Riar, 2014). Se denomina almidón al producto extraído de semillas (trigo, maíz, arroz, entre otros), mientras que, a los almidones procedentes de órganos subterráneos (ñame, mandioca, papa, camote, etc.) se los conoce como féculas. Los almidones presentan picos de viscosidad bajos, el hinchamiento de los gránulos es moderado y alcanzan temperaturas altas de gelatinización. Por el contrario, las féculas se hinchan de forma rápida a bajas temperaturas y muestran un pico alto de viscosidad (Matute Castro, 2009).

Dependiendo de la fuente botánica, la estructura cristalina y funcionalidad, del almidón presentará un peso y organización molecular (Matute Castro, 2009) promedio de amilosa entre 24 y 27 % y de amilopectina de 77 a 76 % (Albán y Carrasco, 2012; Arévalo, 2011).

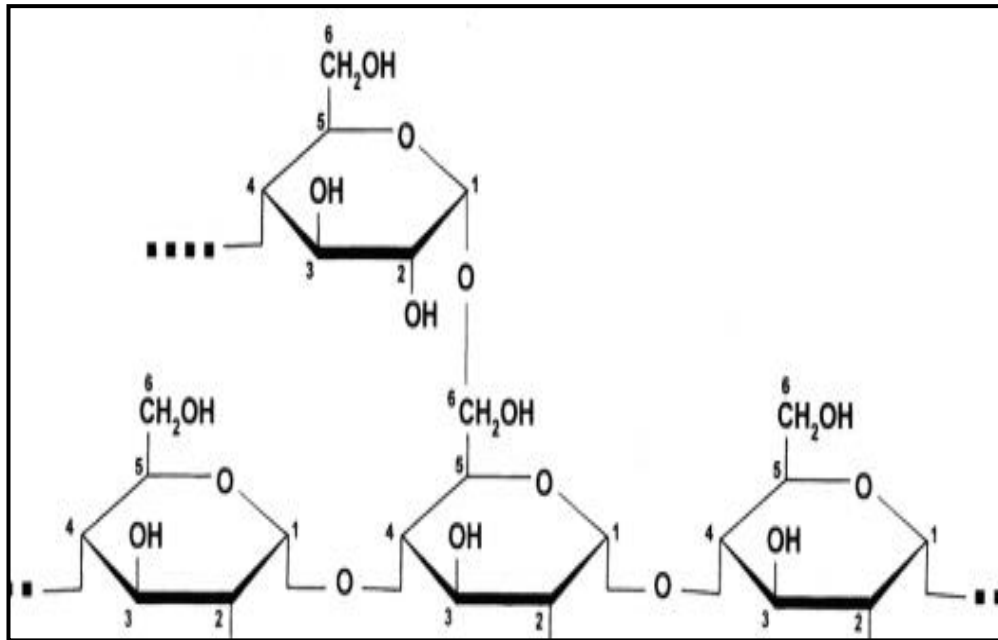
La amilosa (Figura 3) es una molécula lineal (sin ramificaciones) que está constituida por muchos anillos de glucosa unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos  $\alpha(1-4)$ . El grado de polimerización fluctúa entre 500 y 6000 unidades repartidas en un número de cadenas de 1 a 20 (Albán y Carrasco, 2012).

Esta molécula es insoluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal, que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Hernández *et al.*, 2007; Narváez, 2013).



**Figura 3.** Estructura química de la Amilosa  
**Fuente:** De la Rosa (2009)

La amilopectina (Figura 4) es un polisacárido que se diferencia de la amilosa por la presencia de ramificaciones unidas al tronco central (semejante a la amilosa) mediante enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa. Constituye alrededor del 75 % de los almidones más comunes y cuando estos contienen solo amilopectina en su estructura son conocidos como céreos (Albán y Carrasco, 2012). La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Hernández *et al.*, 2007).



**Figura 4.** Estructura química de la Amilopectina.  
**Fuente:** De la Rosa (2009)

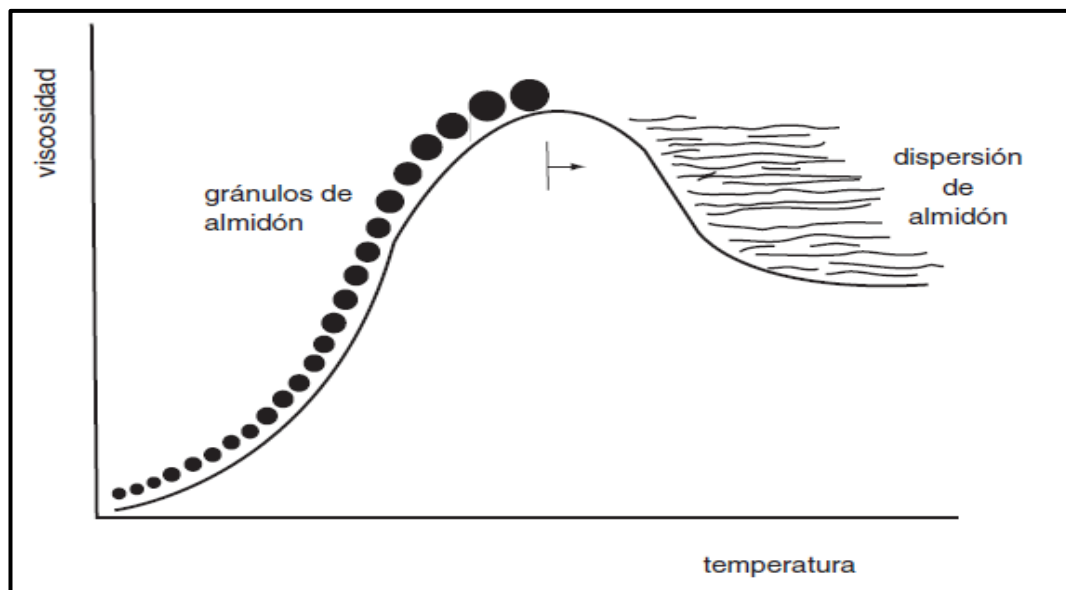
El almidón es insoluble en agua fría y tiende a ser más soluble en agua caliente cuando su molécula permite atrapar el agua; al descender la temperatura adquiere un aspecto gelatinoso (Roquel, 2008).

Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales son las fisicoquímicas (gelatinización y retrogradación) y las funcionales (solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles) (Hernández *et al.*, 2007; Narváez, 2013). El almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, siendo necesario buscar nuevas fuentes de extracción; mundialmente se produce 48,5 millones de ton/año. Sin embargo, existe una demanda insatisfecha del mismo (Hernández *et al.*, 2007; Vargas y Hernández, 2012).

### 2.2.1. Gelatinización

Los gránulos de almidón presentan una estructura altamente organizada, debido a las múltiples interacciones que existen entre amilosa y

amilopectina, por lo que, son insolubles en agua fría (De la Rosa, 2009). Sin embargo, las dispersiones de almidón sometidas a calentamiento muestran un proceso lento de absorción de agua. Este proceso se ejecuta en la zonas intermicelares amorfas, debido a que presentan un menor número de puentes hidrógeno que en las áreas cristalinas (Narváez, 2013). Como se muestra en la Figura 5, a medida que se incrementa la temperatura el almidón empieza a hincharse e incrementa su volumen, sin aumentar su viscosidad. Al finalizar la hidratación de la zona amorfa, empieza un proceso similar en el área cristalina. Dependiendo del tipo de almidón, a temperaturas cercanas a los 65 °C alcanza su máximo volumen perdiendo su patrón de difracción y birrefringencia. Químicamente, existe un rompimiento parcial de la amilosa y amilopectina, que al estar fuertemente hidratadas se dispersan en la disolución (Badui-Dergal, 2006; Pramodrao y Riar, 2014).

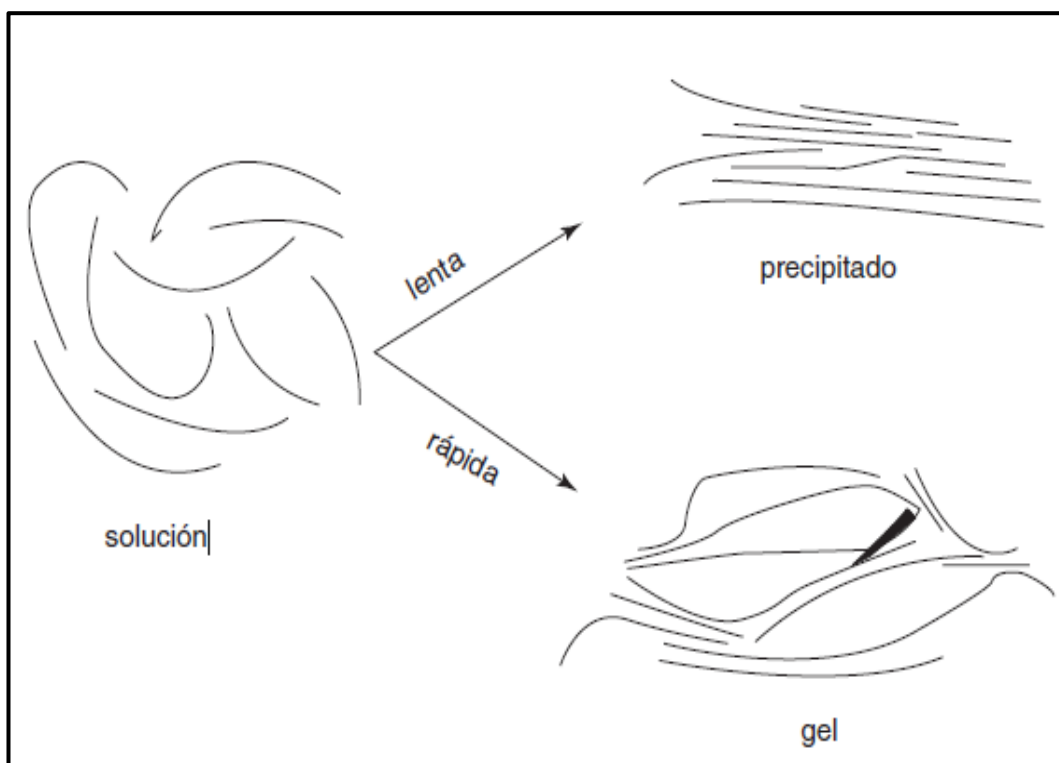


**Figura 5.** Gelatinización de gránulos de almidón.  
**Fuente:** Badui-Dergal (2006)

### 2.2.2. Retrogradación

La retrogradación es proceso de insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno, a través de múltiples hidroxilos (Hernández *et al.*, 2007).

Durante esta etapa, el almidón puede seguir dos procesos (Figura 6), si una dispersión se calienta y enfría rápidamente forma un gel rígido y reversible. Por el contrario, si este proceso ocurre de forma lenta las soluciones son opacas y precipitan cuando se deja reposar (Guízar *et al.*, 2008). Cuando ocurre el proceso de retrogradación de almidón, las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina forman zonas con una organización cristalina muy rígida que requiere de una alta energía (Entalpía) para romperse (Badui-Dergal, 2006).



**Figura 6.** Mecanismos de retrogradación del almidón  
**Fuente:** Badui-Dergal (2006)

### 2.3. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Al revisar investigaciones previas que sirven de soporte al presente trabajo, se pueden citar los siguientes estudios:

Pérez y Pacheco (2005), trabajaron en el estudio de la composición química y las propiedades físicas y reológicas de la harina y almidón de batata para aplicaciones alimentarias. En harina se encontró un alto contenido de carbohidratos totales (59,80 %), fibra dietética total (7,33 %) y fósforo

(21,92 mg•100 g<sup>-1</sup>). El almidón obtenido fue de alta pureza (99,25 %), con bajo contenido de amilosa (16,40 %). Tanto el almidón como la harina se los puede emplear en tortas, mezclas para sopas y pastas de untar.

Guízar *et al.* (2008), evaluaron los porcentajes de rendimiento de almidón en peso seco (22,10-35,79 %), la capacidad de retención de agua, factor de hinchamiento y estabilidad al descongelamiento entre almidones de ambas especies. Los resultados mostraron que estos almidones pueden ser utilizados en la industria alimentaria ya que presentaron buena interacción con el agua al someterlos a tratamientos térmicos y almacenamiento en frío.

Para Medina-García (2013), las propiedades funcionales del almidón de camote son similares a las de almidones comerciales (maíz y papa).

Abegunde *et al.* (2013), evaluaron las propiedades fisicoquímicas y funcionales en 11 variedades de camote. Este autor reportó una concentración de amilosa entre 13,33 y 26,83 %. Los almidones difirieron en el tamaño de los gránulos. El poder de hinchamiento varió entre 13,46 y 26,13 g•g<sup>-1</sup> y la solubilidad estuvo en un rango de 8,56 y 18,77 %, respectivamente. Este autor observó que existe una mayor tendencia a la retrogradación en pastas de almidones con alto contenido de amilosa. La temperatura de gelatinización y la entalpía oscilaron entre 55,54 a 69,11 °C y 6,40 a 11,89 J•g<sup>-1</sup>, en ese orden.

Shekhar *et al.* (2015), manifestaron que el camote presenta un alto contenido en hidratos de carbono, azúcares reductores y componentes fenólicos. De igual manera, manifestó que este tubérculo es rico en flavonoides, antocianinas y carotenoides.

## **2.4. HIPÓTESIS**

**H<sub>0</sub>:** Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las féculas no dependen de la variedad.

**H<sub>a</sub>:** Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las féculas dependen de la variedad

### **2.4.1. Señalamiento de variables de las hipótesis**

#### **Variables independientes**

- Variedades de camote

#### **Variables dependientes**

- Propiedades fisicoquímicas
- Propiedades funcionales

## **CAPÍTULO III.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. MATERIALES**

#### **3.1.1. Material vegetal**

Para la ejecución de este trabajo de investigación se consideró la provincia de Loja, donde se colectó muestras de tres variedades de camote (blanco, amarillo y morado) directamente de las fincas productoras del cantón Zapotillo.

#### **3.1.2. Extracción de fécula**

Para la extracción de fécula se empleó rizomas frescos de camote, estos fueron lavados, pelados y cortados en cubos (3 cm). Luego, se aplicó un pretratamiento con una solución de metabisulfito de sodio (1500 ppm) como antioxidante, en una relación 1:3 (p/v) durante 30 minutos. Las muestras de camote anaranjado, blanco y morado fueron licuadas (licuadora; Oster, México D. F., México) y llevadas a una segunda inmersión en una solución de bisulfito de sodio, en una relación 1:1 (p/v). La lechada de fécula obtenida se filtró en coladores de tela plástica (mesh 80) para eliminar la fibra y se dejó sedimentar a 4 °C durante 4 horas. El sobrenadante se eliminó y el sedimento fue lavado con agua destilada por tres ocasiones. Se realizó un segundo proceso de sedimentación, la fécula húmeda se llevó a una estufa de convección (Germyco, Gemmy Industrial Corp., EE.UU) a 40°C durante 24 horas. La fécula seca fue molida y tamizada a través de un tamiz mesh 100, para su almacenamiento (18±2 °C) en frascos herméticos (Guízar *et al.*, 2008).



## 3.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

### 3.2.1. Apariencia microscópica y tamaño

La morfología del gránulo de las féculas de camote se determinaron siguiendo la metodología presentada por Hernández *et al.* (2007). Para esto se preparó soluciones de fécula de camote al 1 % (p/v) y con ayuda de una pipeta Pasteur se tomó una gota de solución de fécula en un portaobjeto. Se añadió 1 gota de solución de yodo/yoduro de potasio (0,1 %), luego de esto se colocó el cubre objetos y se observó directamente al microscopio (EVOS X-L) con un aumento de 40 x. Las microfotografías permitieron determinar la forma y mediante el software Image.J el tamaño del gránulo de fécula de camote. El ensayo se realizó en 10 muestras de cada variedad.

### 3.2.2. Color

El color de las féculas de camote se estableció mediante un colorímetro universal (HunterLab, modelo MiniScanEZ). La calibración del equipo se realizó con un cilindro de calibración contra un cristal blanco y negro. Se tomó 50 g de fécula en placas Petri de vidrio y se registraron las lecturas en los 4 cuadrantes en quintuplicado. En base a las coordenadas colorimétricas: luminosidad ( $L^*$ ), parámetro  $a^*$  (rojo+, verde-) y parámetro  $b^*$  (amarillo+, azul-) (Alkarkhi-Abbas *et al.*, 2011). Con estos resultados se calculó la cromaticidad ( $C^*$ ), el tono ( $^{\circ}H$ ), el índice de blancura (IB), índice de amarillez (IA) y diferencia total de color ( $\Delta E$ ), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$^{\circ}H = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{Ecuación 2}$$

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^2 + b^2} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$IA = 142,86 \frac{b^*}{L^*} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_1^*)^2 + (a^* - a_1^*)^2 + (b^* - b_1^*)^2} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde **C\*** es el croma, **a\*** es la tendencia del color hacia rojo (a+) y verde (a-), **b\*** es la tendencia del color hacia amarillo (+) y azul (-), **°H** es el tono, **tan<sup>-1</sup>** es el arco tangente de **b\*/a\***, **IB** es el índice de blancura, **L\*** es la luminosidad, **IA** es el índice de amarillez, **ΔE** es la diferencia total de color, **L\*1** es el valor de referencia de luminosidad, **a1\*** es el valor de referencia del parámetro a y **b1\*** es el valor de referencia del parámetro b.

### 3.2.3. Humedad

El contenido de humedad de las féculas de camote se determinó en base al método AOAC 930.15. En cápsulas previamente taradas se pesó 5 g de fécula de camote y se llevó a la estufa (Germmyco, Gemmy Industrial Corp., EE.UU) a 105 °C durante 8 horas o hasta mantener un peso constante. El contenido de materia seca se determinó en base a la Ecuación 6 y el porcentaje de humedad mediante la Ecuación 7 (Llerena *et al.*, 2014).

$$MS = \frac{P_2 - P_r}{P_1 - P_r} * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde **MS** es el porcentaje de materia seca, **P<sub>r</sub>** es el peso del recipiente, **P<sub>1</sub>** es el peso del recipiente más la muestra humedad y **P<sub>2</sub>** es el peso del recipiente más la muestra seca.

$$\% H = 100 - MS \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde % H es el porcentaje de humedad y MS es la materia seca

### 3.2.4. Almidón total

El contenido de almidón total se determinó por polarimetría de acuerdo al método desarrollado por la AACCC (1969). Para lo cual se pesó 2,5 g de pulpa de camote liofilizado en balones de 50 mL y se añadió 25 mL de HCl (0,31 N). Las muestras se agitaron por 15 minutos y se llevaron a ebullición en un baño de agua por 15 minutos. La solución obtenida se aforó con agua destilada a 50 mL y se añadió 500 µL de solución de ferrocianuro de potasio al 15 % (p/v) y 500 µL de sulfato de zinc al 30 % (p/v).

La solución obtenida se centrifugó a 4000 rpm durante 30 minutos. El sobrenadante obtenido se trasladó a un tubo de 200 mL y se registró las lecturas en el polarímetro (Polax-2L). Las determinaciones se realizaron por triplicado y se expresaron como porcentaje de almidón (Ecuación 8).

$$\% \text{ Almidón} = (a - b)F \% \qquad \text{Ecuación 8}$$

Donde **a** es el ángulo de rotación de la muestra en grados, **b** es el ángulo de rotación del blanco en grados y **F** es el factor de conversión del azúcar en almidón, para camote 5,501 (Barrera *et al.*, 2004).

### 3.2.5. Amilosa

La determinación del contenido de amilosa se realizó siguiendo la metodología de Ortega-Alvarado (2016), para lo cual se tomó 100 mg de fécula de camote en un balón volumétrico de 100 mL, se añadió 1 mL de etanol al 95 % (v/v) y 9 mL de hidróxido de sodio 1 N. La muestra se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente permitiendo la gelatinización del almidón. Luego de la gelatinización las soluciones fueron enrazadas a 100 mL con agua destilada.

En un balón volumétrico de 100 mL se añadió 50 mL de agua destilada y se agregó una alícuota de 5 mL de almidón gelatinizado, 1 mL de ácido acético 1 N y 2 mL de solución de yodo al 2 % (p/v). La solución resultante se aforó a 100 mL con agua destilada y se incubó durante 20 minutos en oscuridad a temperatura ambiente. La absorbancia se registró por triplicado a 620 nm con ayuda de un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo Scientific, Evolution 220), la cuantificación se realizó empleando una curva de calibración de la solución madre de amilosa (0 a 20 %).

## 3.3. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS FÉCULAS

### 3.3.1. Claridad de las pastas

Para la determinación de la claridad de las pastas se preparó una solución de almidón al 1 % (p/v) y se llevó a ebullición durante 3 minutos, posteriormente se enfrió y se leyó la transmitancia de las muestras a 650 nm (Espectrofotómetro UV-VIS; Thermo Scientific Evolution 220)

empleando agua destilada como blanco. Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se reportan en porcentaje (Hazarika y Sit, 2016).

### 3.3.2. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua se determinó mediante el método planteado por Shekhar *et al.* (2015), para lo cual se pesó 1 g de almidón y se disolvió en 100 mL de agua destilada (solución al 1 %; p/v). Luego, se tomó una alícuota de 10 mL y se llevó a temperaturas de 50, 60, 70 y 80 °C en un baño termostático (Wise Bath WSB-18) durante 15 minutos, con agitación cada 5 minutos. Posteriormente se centrifugó a 2300 rpm durante 15 minutos y se decantó el sobrenadante de cada muestra. El residuo se dejó reposar durante 10 minutos y se pesó los tubos para registrar la ganancia de peso. La capacidad de retención de agua se calculó según la Ecuación 9.

$$CRA = \frac{W_g - W_m}{W_m} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde **CRA** es la capacidad de retención de agua ( $\text{g}_{\text{agua}} \cdot \text{g}_{\text{muestra}}^{-1}$ ), **W<sub>g</sub>** es el peso del gel en gramos y **W<sub>m</sub>** es el peso de la muestra inicial.

### 3.3.3. Solubilidad (SOL) y factor de hinchamiento (FH)

Para la determinación de la solubilidad y el factor de hinchamiento de los gránulos de almidón se preparó dispersiones de almidón al 1 % (p/v) y se incubó en un baño de agua a temperaturas de 50, 60, 70, 80 y 90 °C durante 30 minutos, con agitación cada 5 min. Posteriormente, las soluciones fueron centrifugadas a 4500 rpm durante 20 minutos. El sobrenadante se decantó y se registró la ganancia de peso de los tubos (Chel-Guerrero *et al.* (2016). Los resultados se reportan como solubilidad y factor de hinchamiento aplicando las siguientes ecuaciones:

$$Sol = \frac{W_{ss}}{W_m} * 100 \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde **Sol** es la solubilidad, **W<sub>ss</sub>** es el peso de sólidos solubles y **W<sub>m</sub>** es el peso del gel.

$$FH = \frac{W_g}{W_m - W_{ss}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde **FH** es el factor de hinchamiento,  $W_m$  es el peso de la muestra (g),  $W_g$  es el peso del gel (g) y  $W_{ss}$  es el peso de los sólidos solubles (g).

### 3.3.4. Temperatura de gelatinización de la fécula de camote

La temperatura de gelatinización del almidón se determinó por calorimetría diferencial de barrido (DSC), mediante la metodología descrita por Chel-Guerrero *et al.* (2016) el equipo fue previamente calibrado con indio. El análisis de las muestras se realizó colocando 2 mg de fécula en una cápsula de aluminio, luego se adicionó el 70 % de agua tridestilada. Las cápsulas y las tapas fueron selladas herméticamente y permanecieron en reposo a temperatura ambiente durante 1 hora. Finalmente se realizó un barrido de las muestras aplicando temperaturas desde 30 a 120 °C, a una velocidad de calentamiento de 10 °C·min<sup>-1</sup>. A partir de los resultados del termograma se determinó la temperatura onset ( $T_o$ ), el pico máximo de temperatura ( $T_p$ ), la temperatura final ( $T_f$ ) y la entalpía de gelatinización ( $\Delta H_g$ ).

### 3.3.5. Viscosidad aparente

La determinación de la viscosidad aparente de las féculas de camote se evaluó empleando un viscosímetro rotacional (Quimis; Brookfield, EE. UU.). Para esto se preparó suspensiones de almidón al 5 % (p/v) y se llevó a temperaturas de 50, 60, 70, 80 y 90 °C en un baño termostático (Wise Bath WSB-18) durante 15 min. Las lecturas se realizaron a 25 °C empleando el rotor LV0. Las determinaciones se realizaron desde 5 a 100 rpm, cada 5 rpm en triplicado; aplicando el método desarrollado por Bello-Pérez *et al.* (2001).

## 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 3.4.1. Diseño experimental

La variación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las féculas de tres variedades de camote, cultivado en el cantón Zapotillo (Provincia

de Loja, Ecuador) se analizó mediante un diseño de un solo factor empleando el Software Statgraphics Centurion XV.II. Las diferencias estadísticamente significativas entre las medias se determinaron mediante un test de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Las respuestas experimentales consideradas para el estudio fueron:

- Color
- Claridad de las pastas
- Capacidad de retención de agua
- Solubilidad
- Factor de hinchamiento
- Almidón total
- Contenido de amilosa
- Viscosidad
- Pico máximo de temperatura de gelatinización

## CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.1. MATERIAL VEGETAL

Las variedades de camote estudiadas presentaron (Ver Tabla 2) forma cilíndrica e irregular alargada (anaranjado y morado) y forma cilíndrica e irregular ovalada (blanco). El camote blanco (CB) y el camote morado (CM) se caracterizan por tener la superficie rugosa, mientras que el camote anaranjado (CA) tuvo piel lisa.

**Tabla 2.** Camote anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM) procedente de la provincia de Loja, cantón Zapotillo

	CAMOTE ANARANJADO	CAMOTE BLANCO	CAMOTE MORADO
<b>Forma</b>	Cilíndrica irregular alargada	Cilíndrica irregular ovalada	Cilíndrica irregular alargada
<b>Superficie</b>	Lisa	Rugosa	Rugosa
<b>Color externo</b>	Café tenue	Rosa tenue	Morado
<b>Color interno</b>	Anaranjada	Blanca	Morada

El camote anaranjado (CA) tiene la piel café y pulpa anaranjada, el camote blanco (CB) presenta piel con coloración rosa tenue y pulpa blanca y el camote morado (CM) presenta piel y pulpa morada.

Esta descripción concuerda con las reportadas por Guízar *et al.* (2008) y Medina-García (2013), para diferentes variedades de camote procedente de México. Para estos autores la apariencia externa de los tubérculos depende de la variedad, presentando formas cilíndricas e irregulares

(alargadas u ovaladas) con superficies rugosas y lisas, el color de la cascara varía de rosada a morada tenue, dependiendo la variedad.

### a) Características físicas de la materia prima

Los tubérculos de las muestras estudiadas (Ver Tabla 3) presentaron un peso promedio aproximado de 250 g. El diámetro de los tubérculos de CM presentó valores entre 5,98 cm y 3,28 cm, los cuales son superiores a los tubérculos de las variedades de CA (4,48 y 2,36 cm) y CB (3,24 y 1,61 cm). Sin embargo, el tubérculo de CB presentó una longitud promedio de 14,32 cm, valor mayor que en tubérculos de CA (12,58 cm) y CM (12,07 cm).

**Tabla 3.** Caracterización física de camote anaranjado (CA), blanco (CA) y morado (CM)

Variedad	Peso (g)	Diámetro (cm)		Longitud (cm)
		Mayor	Menor	
CA	229,60 ± 71,01 a	4,48 ± 2,05 a	2,36 ± 0,84 a	12,58 ± 2,94 a
CB	245,54 ± 132,62 a	3,24 ± 1,09 a	1,61 ± 0,75 a	14,32 ± 4,26 a
CM	223,05 ± 79,64 a	5,98 ± 1,54 b	3,28 ± 1,20 b	12,07 ± 2,07 a

a, b: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

Estos resultados están dentro del rango para camote de diferentes orígenes reportado por Medina-García (2013) y Zhindón (2013) en longitud de 13 a 31 cm y diámetro de 5,0 a 6,0 cm. Sin embargo, al comparar su peso con los resultados obtenidos por Guízar *et al.* (2008) con las muestras recolectadas en la provincia de Loja (Ver Tabla 3), estas presentaron un peso inferior (223-245 g) a los rangos reportados por estos autores quienes obtuvieron pesos entre de 370 hasta 3000 g.

Según Shekhar *et al.* (2015) el CA y el CB presentan diferencias genéticas que son evidentes a nivel morfológico. A pesar de ser cultivados bajo las mismas condiciones ambientales estas raíces presentan diferencias en el rendimiento promedio, el peso y el diámetro. Los tubérculos anaranjados son dos o cuatro veces más largos que los blancos y su rendimiento aproximado es el doble.



## b) Rendimiento de extracción del almidón

La eficiencia del proceso (Ver Tabla 4) de obtención de almidón mostró un mayor rendimiento en CM (10,68 %) y CB (9,66 %), que en muestras de CA (3,28 %).

**Tabla 4.** Caracterización física de camote anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Peso Tubérculo (kg)	Tubérculo sin corteza (kg)	Peso Corteza (kg)	Rendimiento tubérculo (%)	Peso almidón (kg)	Rendimiento almidón (%)
CA	19,52	15,2	4,32	77,87 *	0,50	3,28 r
CB	19,66	9,59	10,07	48,78 *	0,93	9,66 r
CM	15,73	9,72	6,01	61,79 *	1,04	10,68 r

\* Los resultados se reportan en base húmeda

r Los resultados se reportan en base seca

Los resultados presentados en la Tabla 4 son inferiores a los obtenidos por Pérez y Pacheco (2005), quienes obtuvieron valores de rendimiento de 11,45 % en peso seco.

Para Shekhar *et al.* (2015), las diferencias en el rendimiento de los tubérculos está estrechamente relacionado con la variedad. Dependiendo del tipo de camote, estos tubérculos mostraran un comportamiento distinto en el metabolismo fotosintético del carbono; el cual interfiere en su crecimiento y productividad. Según estos autores el rendimiento promedio aproximado puede variar hasta en un 50% entre camotes de pulpa anaranjada y pulpa blanca.

Según Moorthy (2002) la adición de ácido láctico o ácido cítrico y la aplicación de métodos enzimáticos con pectinasas y celulasas pueden mejorar el rendimiento y el color del almidón de camote; alcanzando una recuperación de hasta un 20 %.

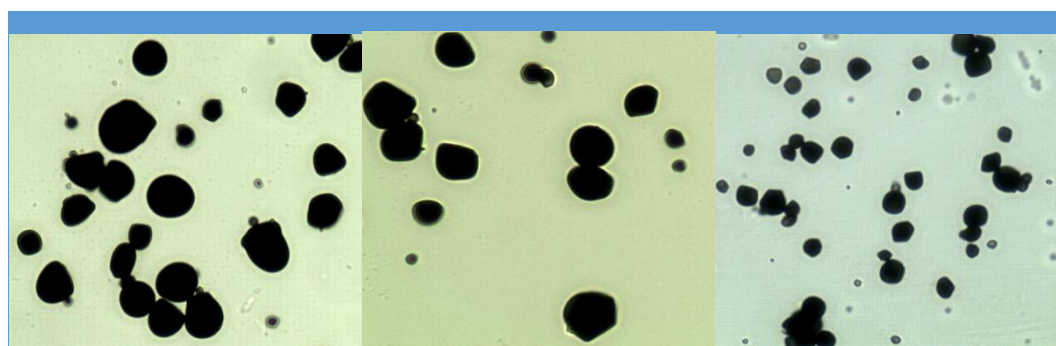
### 4.1.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

#### a) Apariencia microscópica

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 5, la muestras de fécula de CA, CB y CM son de forma esférica, similar a la reportada en fécula de papa (Hernández *et al.*, 2007). Los gránulos de las féculas de CA y CB mostraron un diámetro mayor con 17,41 y 17,80  $\mu\text{m}$ , respectivamente;

mientras la fécula de CM mostró un valor menor de 15,56  $\mu\text{m}$ . Estos valores están dentro del rango reportado por Hernández *et al.* (2007) y Zhu y Wang (2014), quienes obtuvieron diámetros entre 2 y 45  $\mu\text{m}$ . Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,7021$ ; Anexo 2).

**Tabla 5.** Apariencia microscópica y tamaño del de fécula de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)



CAMOTE ANARANJADO	CAMOTE BLANCO	CAMOTE MORADO
Esféricos y ovalados	Esféricos y ovalados	Esféricos y ovalados
17,80 $\pm$ 1,92 $\mu\text{m}$ a	17,41 $\pm$ 1,94 $\mu\text{m}$ a	15,56 $\pm$ 0,89 $\mu\text{m}$ a

a: diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre las tres variedades de camote

Según De la Rosa (2009) y Moorthy (2002), el tamaño del gránulo afecta algunas propiedades funcionales como el grado de gelatinización, factor de hinchamiento, solubilidad y sobre la polimerización de las cadenas de amilopectina. Esto permite conocer las variables que influyen en los procesos de cocción de la fécula y sus productos.

## b) Color

El color (Tabla 6) es una propiedad de los alimentos asociada a la calidad; de acuerdo a los estudios realizados por Abegunde *et al.* (2013) en féculas de camote están asociados al tipo de cultivar. Estos autores manifestaron que las muestras de camote con tonalidad amarilla son consideradas de menor calidad que aquellas muestras con tonalidad blanca.

Los resultados obtenidos de las muestras de CA ( $L^*=83,72$ ;  $a^*=1,52$  y  $b^*=8,32$ ), CB ( $L^*=87,66$ ;  $a^*=2,86$  y  $b^*=3,20$ ) y CM ( $L^*=82,11$ ;  $a^*=4,75$  y  $b^*=4,80$ ) reportados en la Tabla 6 presentaron valores de luminosidad ( $L^*$ ),

a\* y b\* inferiores a los obtenidos por Pérez y Pacheco (2005) ( $L^*=92,36$ ;  $a^*=0,77$  y  $b^*=2,37$ ) y Abegunde *et al.* (2013) ( $L^*=94,47$  a  $97,61$ ;  $a^*=-1,21$  a  $-0,38$  y  $b^*=0,51$  a  $4,21$ ). Sin embargo, los valores de a\* y b\* obtenidos en la investigación fueron superiores a los reportados por estos autores, esto se atribuye a que las féculas presentaron (Tabla 6) una coloración rojiza (a\* +) y amarilla (b\* +) debido a los residuos de los pigmentos naturales ( $p=0,000$ ) propios de cada variedad de tubérculo (Pérez y Pacheco, 2005).

**Tabla 6.** Coordenadas cromáticas del espacio de color CieLab de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Luminosidad (L*)	Parámetro a (a*)	Parámetro b (b*)
Anaranjado	83,72 ± 0,42 a	1,52 ± 0,04 a	8,32 ± 0,10 a
Blanco	87,66 ± 0,74 b	2,86 ± 0,04 b	3,20 ± 0,04 b
Morado	82,11 ± 0,33 c	4,75 ± 0,08 c	4,80 ± 0,07 c

a, b, c: diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre las tres variedades de camote

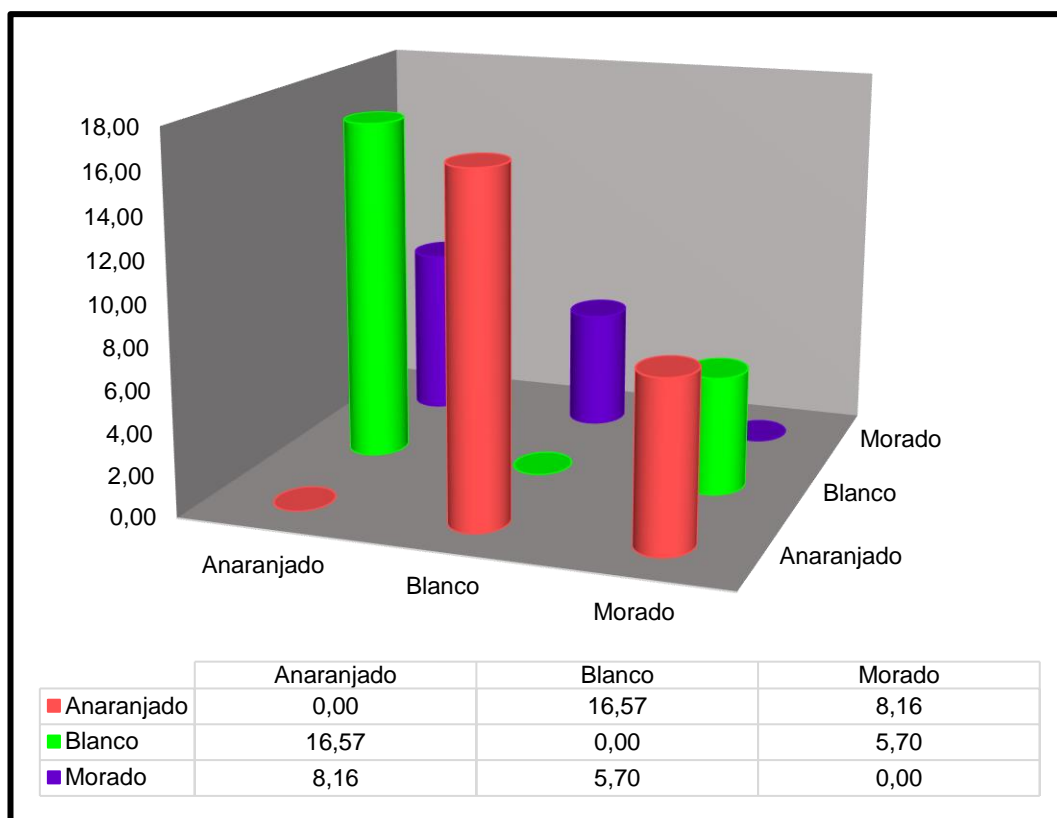
Las variedades de camote rojo y morado contienen antocianinas ( $22-368 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), mientras que las variedades blancas, amarillas y anaranjadas son ricas en carotenoides ( $50-1000 \mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (Ezekiel *et al.*, 2013).

El CA presentó un índice de amarillez (IA; Ver Tabla 7) superior (14,19) que el CB (4,65) y CM (8,29), asociado a su color anaranjado. Sin embargo, el CM (82,10) presentó un menor índice de blancura (IB; Ver Tabla 7) que las muestras de CA (83,61) y CB (87,66). El IA e IB presentaron diferencias estadísticamente significativas con valores menores a 0,05.

**Tabla 7.** Croma (C\*), tono (°Hue), índice de blancura (IB), índice de amarillez (IA) y diferencia total de color ( $\Delta T$ ) en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Croma (C*)	Tono (°Hue)	Índice de blancura (IB)	Índice de amarillez (IA)
Anaranjado	8,45 ± 0,10 a	34,47 ± 0,58 a	83,61 ± 0,71 a	14,19 ± 0,18 a
Blanco	3,20 ± 0,04 b	165,99 ± 0,18 b	87,66 ± 0,77 b	4,65 ± 0,05 b
Morado	4,80 ± 0,07 c	140,73 ± 1,73 c	82,10 ± 0,33 c	8,29 ± 0,10 c

De acuerdo a los resultados presentados en la Figura 7, la diferencia total de color entre las muestras se debe a la variedad de camote.



**Figura 7.** Diferencia total de color ( $\Delta T$ ) entre féculas de camote: anaranjado (■), blanco (■) y morado (■).

Para la industria, el índice de blancura de las féculas y almidones son un parámetro de calidad importante en los que se busca que estos estén libres de color. El uso de sustancias químicas como ácidos, dióxido de azufre y agentes blanqueadores ayuda a mejorar su calidad. Sin embargo, estos afectan negativamente en sus propiedades funcionales y la posibilidad de aplicarlos en la industria alimentaria (Moorthy, 2002).

### c) Humedad

Las variedades de camote evaluadas presentaron un contenido de humedad entre 5,50 y 19,14 % (Tabla 9), muy cercano a los valores reportados por Pérez y Pacheco (2005) para camote peruano (9,81-14,32 %). Según Moorthy (2002), el porcentaje de humedad de las muestras se encuentra dentro de los estándares comerciales (6-16 %).

**Tabla 8.** Porcentaje de materia seca y humedad de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Materia seca (%)	Humedad (%)
Anaranjado	94,5 ± 0,04 a	5,50 ± 0,04 a
Blanco	80,86 ± 0,85 b	19,14 ± 0,85 b
Morado	88,60 ± 0,08 c	11,40 ± 0,08 c

a, b, c: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

Se considera un nivel óptimo de humedad es el 13 % puesto que estos niveles permiten conservar las féculas libres de desarrollo microbiano y un posterior deterioro de la calidad (Abegunde *et al.*, 2013).

#### d) Almidón total

De acuerdo a los valores reportados en la Tabla 9, el camote presenta un alto contenido de almidón, al igual que otros tubérculos como: papa, yuca y makal. El CA contiene 25,80 %, en CB se obtuvo 27,86 % y 25,12 % para CM. Según Shekhar *et al.* (2015) los cultivares de batata tienen un contenido de materia seca del 44 %; siendo el 90 % carbohidratos.

**Tabla 9.** Contenido de almidón en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Almidón (%)
Anaranjado	25,80 ± 0,21 a
Blanco	27,86 ± 0,11 b
Morado	25,12 ± 0,04 a

a, b: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

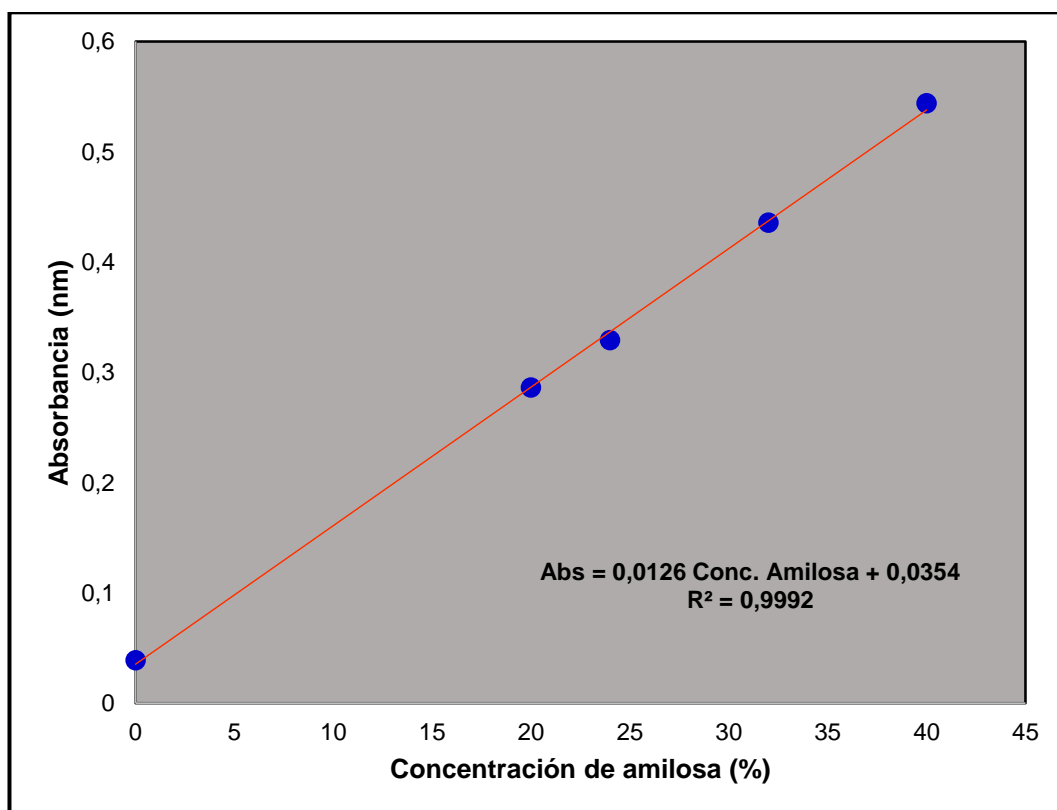
Estos resultados (Tabla 9) se encuentran dentro del rango reportado por Medina-García (2013) y Shekhar *et al.* (2015) quienes obtuvieron contenidos de almidón entre 18 y 67 % para camote procedente de México e India, respectivamente. Las féculas evaluadas mostraron diferencias significativas ( $p = 0,006$ ; Anexo 8) entre sí; el CB y CM presentan un contenido superior que el CA.

Según el estudio realizado por Hernández Suárez *et al.* (2016), al comparar el contenido de almidón de 30 cultivares de batata encontró que existe una variación en el contenido promedio de almidón de camote, dependiendo del cultivar y la zona de procedencia.

Los almidones son ampliamente empleados como aditivos alimentarios (estabilizantes, emulsificantes y mejoradores de textura), las propiedades funcionales de este polímero determinan la calidad de los productos en los que se emplean. Durante la cocción este sufre cambios en sus propiedades funcionales como gelatinización. Al enfriarse sufren procesos de reorganización en su estructura conocidos como retrogradación (Guízar *et al.*, 2008).

### e) Amilosa

El contenido de amilosa de las tres variedades de camote estudiadas se determinó por espectrofotometría UV-VIS. Se realizó una reacción colorimétrica empleando yodo, para formar un complejo azul. La cuantificación de amilosa se determinó mediante una curva de calibración (Figura 8) con estándar de amilosa de papa (De la Rosa, 2009).



**Figura 8.** Curva estándar de amilosa de papa

En las tres variedades de camote (Tabla 10) se encontró altos contenidos de amilosa en el almidón. Sin embargo, el CM (39,04 %) y CB (39,70 %) presentan un mayor porcentaje de amilosa que el CA (35,04 %), mostrando

diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,0481$ ; Anexo 9) entre sí. Estos resultados son muy cercanos a los valores reportados (32-34 %) por Osundahunsi *et al.* (2003) para camote de las variedades blanco y rojo.

La concentración de amilosa en el almidón, influye en la temperatura de gelatinización y cocción. Sí, el gránulo de almidón presenta regiones amorfas, este alcanzará la gelatinización a temperaturas bajas (De la Rosa, 2009). Por lo tanto, se esperaría que las féculas de CA presenten una mayor estabilidad en el almacenamiento y una menor entalpía de gelatinización.

**Tabla 10.** Contenido de amilosa en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Amilosa (%)
Anaranjado	35,04 ± 1,89 a
Blanco	39,04 ± 1,76 b
Morado	39,70 ± 2,05 b

a, b: diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre las tres variedades de camote

Los resultados obtenidos en la Tabla 10 concuerdan con los estudios presentados por Moorthy (2002), quien al comparar el contenido de amilosa en seis variedades de camote procedente de Filipinas encontró muy poca variación entre los diferentes cultivares estudiados. Así también, demostró que no existe ningún efecto de la fertilización sobre el contenido de amilosa. Sin embargo, al comparar diez cultivares de batata, este autor estableció que la longitud y la distribución de la cadena de amilosa pueden influir en el proceso de degradación, siendo más lenta en aquellos con cadenas más cortas.

#### 4.1.3. PROPIEDADES FUNCIONALES

##### a) Claridad de las pastas

Las tres variedades de camote estudiadas presentaron diferencias en cuanto a la claridad de las pastas (Tabla 11), el CA presentó un mayor porcentaje de transmitancia (23,88 %) que el CB (16,74 %) y CM (17,70 %), estos resultados son estadísticamente significativos ( $p=0,000$ ; Anexo 10).

Los valores obtenidos son muy cercanos a los valores reportados (24,6 %) por Hernández *et al.* (2007) para camote cultivado en Yucatán.

**Tabla 11.** Claridad de las pastas de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Claridad de las pastas (%)
Anaranjado	23,88 ± 0,59 a
Blanco	16,74 ± 0,09 b
Morado	17,70 ± 0,16 c

a, b, c: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

La transparencia u opacidad de las féculas están asociadas al contenido de amilosa, las muestras que tienen un menor porcentaje de amilosa son fácilmente dispersadas por lo que se incrementa su claridad (Bello-Pérez *et al.*, 2001). Es así que, las féculas de CA al presentar un menor contenido de amilosa (35,04%) que las muestras de CB (39,04 %) y CM (39,70%) tienen una mayor claridad.

En la industria alimentarias se busca féculas con alta claridad; la misma que dependerá de la fuerza entre los enlaces asociativos de las moléculas de almidón (Bello-Pérez *et al.*, 2001; Moorthy, 2002).

Por las características de las fuerzas asociativas, las féculas de camote tienen una claridad similar a la fécula de yuca. Las féculas con menor claridad tienen una mayor fuerza asociativa; que impide el paso de la luz. Las féculas que mostraron una baja transmitancia presentan características de claridad similares a los almidones de cereales (Moorthy, 2002).

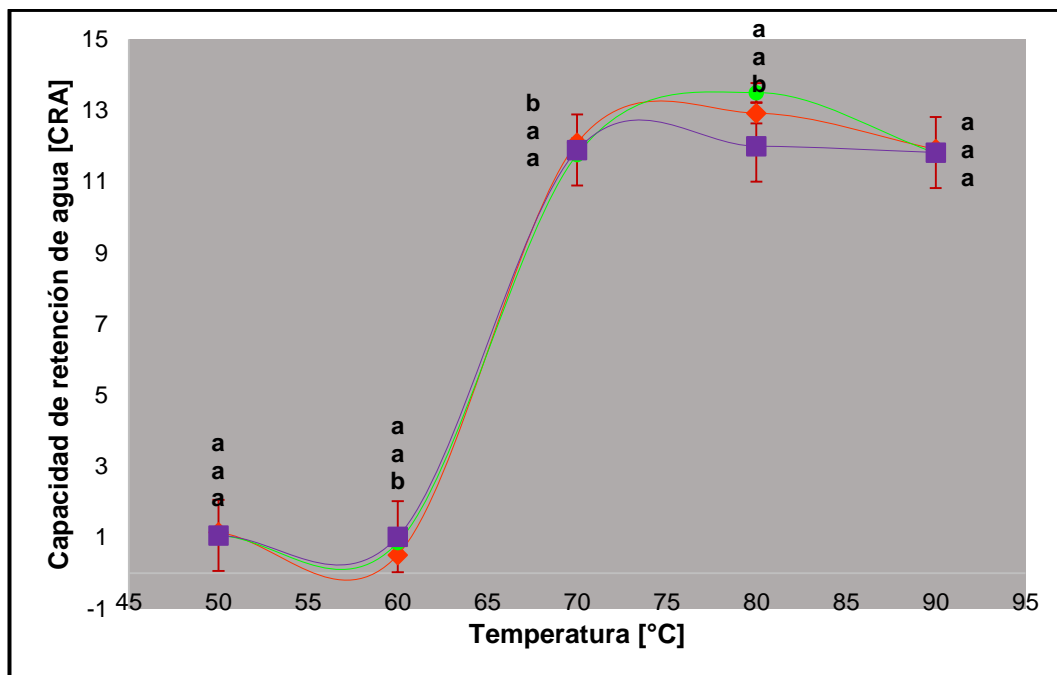
### **b) Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua (CRA) es un parámetro que se emplea como una medida indirecta de la consistencia y la capacidad de atrapar agua de las dispersiones (Hernández *et al.*, 2007). Las muestras estudiadas mostraron un comportamiento (Figura 9) similar en las cinco temperaturas aplicadas (50, 60, 70, 80 y 90 °C).

Las féculas de las tres variedades (CA, CB y CM) presentaron baja CRA a 50 y 60 °C con valores entre 0,45 y 1,15  $\text{g}_{\text{agua}} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{muestra}}$ . A partir de los 70



°C, las féculas incrementaron la CRA; alcanzando el valor máximo de absorción de agua a 80 °C para las muestras de CA y CB.



**Figura 9.** Capacidad de retención de agua ( $\text{g}_{\text{agua}} \cdot \text{g}_{\text{muestra}}^{-1}$ ) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■).  
a, b: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

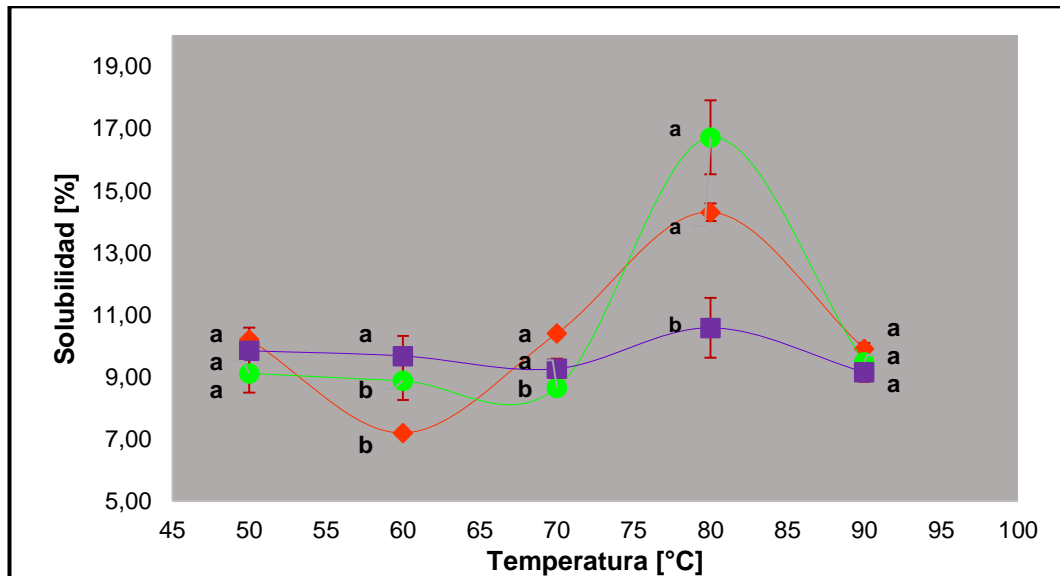
Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas al aplicar temperaturas de 50 °C ( $p=0,1671$ ; Anexo 11) y 90 °C ( $p=0,6689$ ; Anexo 15). Sin embargo, al incrementar la temperatura a 60 °C ( $p=0,0075$ ; Anexo 12), 70 °C ( $p=0,0075$ ; Anexo 13) y 80 °C ( $p=0,0125$ ; Anexo 14), estos mostraron diferencias significativas en su comportamiento.

Para Shekhar *et al.* (2015) la cantidad de agua retenida en los gránulos de almidón está relacionado con el contenido de proteína y carbohidratos. Este autor reportó valores de CRA de 2,95 a 7,20  $\text{g}_{\text{agua}} \cdot 100\text{g}_{\text{muestra}}^{-1}$  para diferentes cultivares de camote.

El incremento en la CRA es una propiedad funcional deseable en los almidones; sin embargo, al superar el límite máximo de absorción de agua empieza un proceso de dextrinación (De la Rosa, 2009; Hernández *et al.*, 2007). Por lo que, al aplicar una temperatura de 90 °C, el almidón rompió su estructura y empezó a disminuir la viscosidad.

### c) Solubilidad (SOL)

La solubilidad y el poder de hinchamiento del almidón permiten entender la interacción entre las moléculas de agua y los cambios en la región amorfa y cristalina durante el calentamiento (Abegunde *et al.*, 2013).



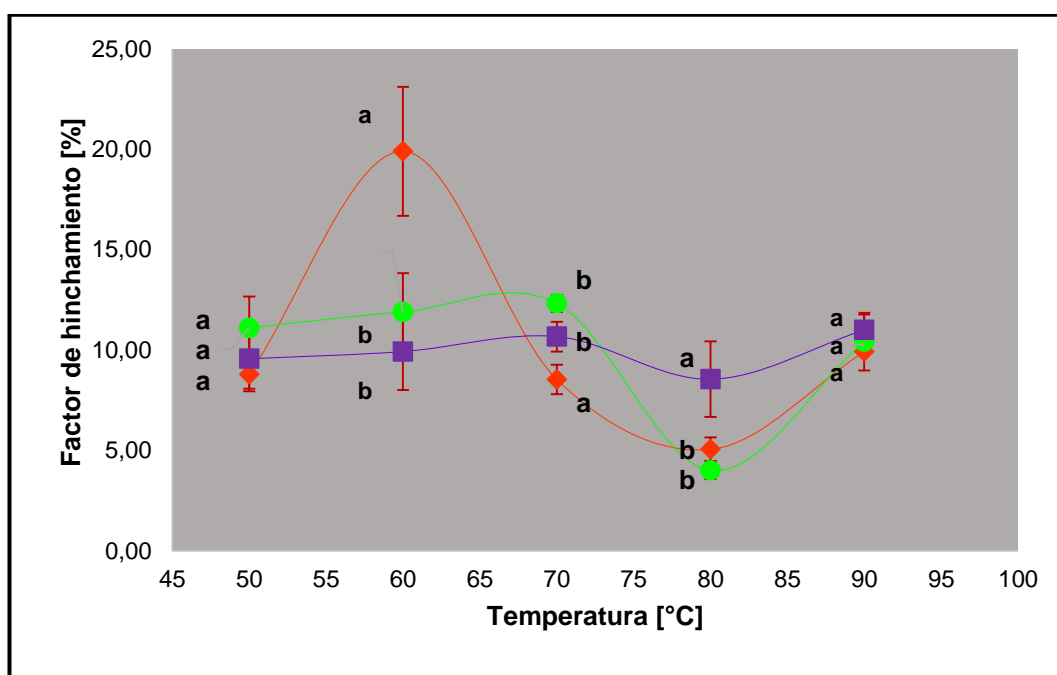
**Figura 10.** Solubilidad (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (♦), blanco (●) y morado (■).  
a, b: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

La solubilidad de las féculas (Figura 10) de las tres variedades de camote mostró valores entre 7 y 16 %, alcanzando su pico máximo al ser sometido a calentamiento a 80 °C ( $p=0,0125$ ; Anexo 19). Estos resultados son muy cercanos a los valores obtenidos por Abegunde *et al.* (2013) quienes reportaron valores de solubilidad entre 8,56 y 19,97 %, para camote procedente de la India. De igual manera, Guízar *et al.* (2008) manifestaron que los valores máximos de solubilidad de fécula de camote se alcanzó a 70 y 80 °C. En las muestras sometidas a 60 °C ( $p=0,1876$ ; Anexo 15) y 90 °C ( $p=0,6689$ ; Anexo 20) se observó los valores más bajos de solubilidad. Este comportamiento puede atribuirse al efecto de la interacción entre la amilosa y la amilopectina, que tienden a formar compuestos insolubles, por esta razón la solubilidad disminuye (De la Rosa, 2009; Hernández *et al.*, 2007).

De igual manera, Moorthy (2002) manifestó que la solubilidad del almidón depende de una serie de factores tales como la fuente de extracción, las fuerzas inter-asociativas entre sus moléculas, el poder de hinchamiento y la presencia de otros componentes. Al comparar la solubilidad del almidón extraído de siete recolecciones de camote del Perú indicó que este parámetro puede aumentar hasta un 10 % con el incremento de la temperatura. Así también, estableció que su solubilidad está asociado al alto volumen de hinchamiento de los gránulos al almidón.

#### d) Factor de hinchamiento (FH)

Los gránulos de las tres variedades de camote (Figura 11) presentaron un factor de hinchamiento (FH) entre 8,79 y 9,11 % al calentarse a 50 °C y se mantuvo así hasta los 70 °C para CB y CM. El CA presentó un comportamiento distinto, su máximo pico de hinchamiento lo alcanzó a los 60 °C y disminuyó a 70 y 80 °C. Luego de esto se observó un incremento en el factor de hinchamiento de las tres variedades de camote.



**Figura 11.** Poder de hinchamiento (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (♦), blanco (●) y morado (■).  
a, b: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

De acuerdo a lo expuesto por Pérez y Pacheco (2005) los gránulos de almidón presentan rupturas en su estructura a medida que se incrementa

la temperatura de calentamiento. Como se observa en la Figura 11, el decremento del FH provocó la pérdida de estabilidad del gel. Los valores obtenidos por Abegunde *et al.* (2013) fueron superiores (13,46 y 26,13  $\text{g}_{\text{agua}} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{almidón}}$ ) a los resultados encontrados en este estudio. El FH sigue el mismo patrón que la CRA y la SOL, a 50 y 90 °C no se encontró diferencias significativas entre el CA, CB y CM ( $p < 0,05$ ; Anexo 21 y 25).

La variación en el FH se atribuye a la asociación en la estructura de los almidones, además de las propiedades amiláceas de cada tipo de fécula. Los almidones que presentan menor contenido de amilosa (CA) son fácilmente dispersados por lo que su FH aumenta (Guízar *et al.*, 2008).

Las diferencias en el FH y la SOL de los almidones podrían atribuirse a las variaciones en las fuerzas de unión asociativas dentro de los gránulos de almidón. Estudios previos asociaron estos cambios a los contenidos de amilosa, fósforo, a las propiedades granulares del almidón, el tipo de cultivar y la temperatura (Abegunde *et al.*, 2013).

### e) Temperatura de gelatinización

Los resultados obtenidos mediante los ensayos de calorimetría diferencial de barrido (Tabla 12) permitieron determinar la temperatura inicial ( $T_i$ ), temperatura pico ( $T_p$ ), temperatura final ( $T_f$ ) y entalpía de gelatinización ( $\Delta H_g$ ). Los valores reportados en el estudio estuvieron dentro del rango publicado por Hernández *et al.* (2007) y Osundahunsi *et al.* (2003) quienes obtuvieron una  $T_i$  entre 58 y 75 °C,  $T_p$  de 63 a 74 °C,  $T_f$  de 78 a 86 °C y entalpía de gelatinización de 10 a 18  $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ , para féculas de camote de diferentes variedades (camote blanco y camote rojo).

**Tabla 12.** Temperatura (°C) y entalpía  $\Delta H$  ( $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de gelatinización en féculas de tres variedades de camote: temperatura inicial ( $T_i$ ), temperatura pico ( $T_p$ ), temperatura final ( $T_f$ ) y entalpía ( $\Delta H_g$ )

Variedad	$T_i$ (°C)	$T_p$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\Delta H_g$ ( $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ )
Anaranjado	55,03 ± 0,93 a	71,55 ± 1,02 b	80,39 ± 0,18 b	21,14 ± 0,14 a
Blanco	54,86 ± 1,10 a	80,86 ± 0,58 a	90,00 ± 0,09 a	16,50 ± 0,69 b
Morado	56,51 ± 2,36 a	80,47 ± 0,44 a	88,78 ± 2,14 a	12,23 ± 0,12 c

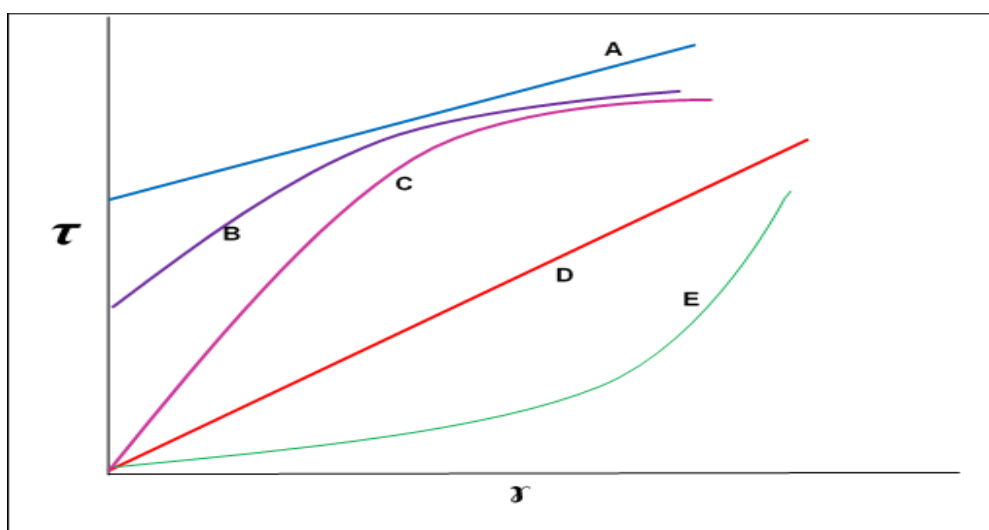
a, b, c: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

Estos parámetros permitieron establecer que el almidón de camote inicia su proceso de gelatinización entre 54,86 y 56,51 °C. Este alcanzó su mayor grado de gelatinización a 71,55 °C para CM, 80,47 °C en CA y 80,86 °C en CM. Así también, se observó que el CA finaliza su proceso de gelatinización a 90 °C, siendo más estable que el CB (88,78 °C) y CM (80,39 °C).

Según lo expuesto por De la Rosa (2009) y Hernández *et al.* (2007) la entalpía de gelatinización de los almidones depende de la composición amilácea de cada muestra. Las féculas que presentan un mayor contenido de amilosa y menor contenido de amilopectina como el CB (39,04 %) y CM (39,70 %) requieren de una menor entalpía de gelatinización.

De acuerdo a los resultados revisados por Moorthy (2002), las características de 44 genotipos de camote procedente de Filipinas presentan variaciones en los diferentes parámetros. Esto se atribuye al tipo de organización estructural del almidón; que al finalizar la retrogradación de las zonas amorfas y cristalinas de la amilosa y las secciones lineales de amilopectina forma zonas con una organización cristalina muy rígida. Por lo que, requiere de una alta energía para romperse y permitir la gelatinización del almidón (Badui-Dergal, 2006).

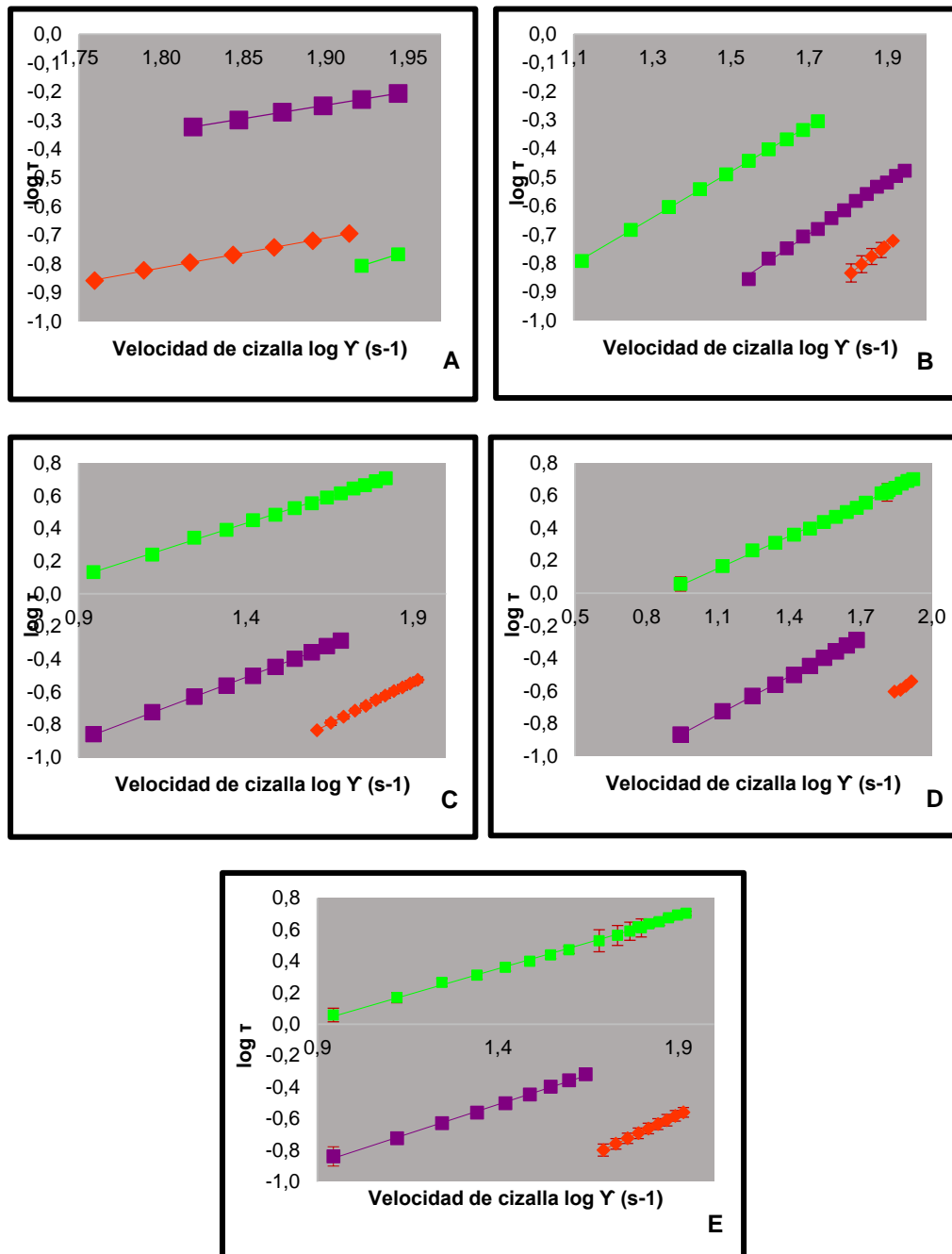
#### f) Viscosidad aparente



**Figura 12.** Relación entre la velocidad de cizalla ( $\dot{\gamma}$ ;  $s^{-1}$ ) y el esfuerzo de cizalla ( $\tau$ ; Pa) en fluidos tipo plástico de Bingham (A), Pseudoplástico con umbral de fluencia (B), Pseudoplástico (C), Newtoniano (D) y Dilatante (E).

**Fuente:** Ibarz y Barbosa (2003) y (Toledo, 2007)

Al representar gráficamente la velocidad de cizalla calculada y logaritmo del esfuerzo cortante (Figura 12), se determinó que las féculas de las tres variedades de camote sometidas a cinco temperaturas de calentamiento (50, 60, 70, 80 y 90 °C) muestran un comportamiento no Newtoniano, característico de un fluido plástico de Bingham.



**Figura 13.** Relación entre la velocidad de cizalla log ( $Y$ ;  $s^{-1}$ ) y el esfuerzo de cizalla ( $\log \tau$ ;  $Pa \cdot s$ ) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (♦), blanco (●) y morado (■). Féculas calentadas a 50 °C (A), féculas calentadas a 60 °C (B), féculas calentadas a 70 °C (C), féculas calentadas a 80 °C (D) y féculas calentadas a 90 °C (E).

Cada una de las muestras (Figura 13) evaluadas requirió un esfuerzo inicial para comenzar el flujo y luego presentaron un comportamiento Newtoniano; por lo que, el punto de corte no parte del origen (Ibarz y Barbosa, 2003; Singh *et al.*, 1997; Toledo, 2007).

**Tabla 13.** Modelos matemáticos de viscosidad aparente en suspensiones de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

VARIEDAD	Tratamiento	log $\tau = n (\log \dot{\gamma}) + \log K$							
		n	log $\dot{\gamma}$	log K	log $\tau$	T	$\dot{\gamma}$	$\mu$	R2
ANARANJADO	50 °C	1,0162	-2,6404	1,0162	-1,6669	0,0215	0,0023	9,4072	0,9995
		1,0527	-2,7090	1,0527	-1,7991	0,0159	0,0020	8,1256	0,9982
		1,0527	-2,7090	1,0527	-1,7991	0,0159	0,0020	8,1256	0,9982
	60 °C	1,0622	-2,7555	1,0622	-1,8647	0,0137	0,0018	7,7757	0,9977
		1,0376	-2,7077	1,0376	-1,7719	0,0169	0,0020	8,6251	0,9992
		1,0376	-2,7077	1,0376	-1,7719	0,0169	0,0020	8,6251	0,9992
	70 °C	1,0068	-2,4542	1,0068	-1,4641	0,0343	0,0035	9,7745	0,9993
		1,0608	-2,5365	1,0608	-1,6299	0,0234	0,0029	8,0637	0,9990
		0,9962	-2,4491	0,9962	-1,4436	0,0360	0,0036	10,1283	0,9987
	80 °C	0,8917	-2,2524	0,8917	-1,1167	0,0764	0,0056	13,6662	0,9648
		0,8917	-2,2524	0,8917	-1,1167	0,0764	0,0056	13,6662	0,9648
		0,8917	-2,2524	0,8917	-1,1167	0,0764	0,0056	13,6662	0,9648
	90 °C	1,0606	-2,5572	1,0606	-1,6516	0,0223	0,0028	8,0460	0,9996
		1,0864	-2,6723	1,0864	-1,8168	0,0152	0,0021	7,1697	0,9989
		1,0725	-2,6115	1,0725	-1,7283	0,0187	0,0024	7,6416	0,9999
BLANCO	50 °C	2,0210	-4,6927	0,0000	-9,4837	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
		1,9164	-4,4895	0,0000	-8,6037	0,0000	0,0000	0,0001	1,0000
		1,5117	-3,7094	0,0002	-5,6074	0,0000	0,0002	0,0126	1,0000
	60 °C	0,8013	-1,6646	0,0216	-1,3123	0,0487	0,0216	2,2510	0,9997
		0,8155	-1,7068	0,0196	-1,3723	0,0424	0,0196	2,1602	0,9994
		0,7958	-1,6897	0,0204	-1,3243	0,0474	0,0204	2,3199	0,9996
	70 °C	0,6244	-0,4331	0,6244	0,3540	2,2594	0,3689	6,1247	0,9980
		0,6678	-0,5074	0,6678	0,3290	2,1331	0,3109	6,8605	0,9992
		0,6712	-0,5149	0,6712	0,3256	2,1163	0,3055	6,9263	0,9985
	80 °C	0,6314	-0,5049	0,6314	0,3126	2,0540	0,3127	6,5689	0,9976
		0,6592	-0,5807	0,6592	0,2764	1,8897	0,2626	7,1962	0,9984
		0,6627	-0,6018	0,6627	0,2639	1,8361	0,2502	7,3396	0,9989
	90 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MORADO	50 °C	0,9366	-2,0267	0,9366	-0,9616	0,1093	0,0094	11,6178	0,9998
		0,9366	-2,0267	0,9366	-0,9616	0,1093	0,0094	11,6178	0,9998
		0,9366	-2,0267	0,9366	-0,9616	0,1093	0,0094	11,6178	0,9998
	60 °C	0,9252	-2,2823	0,9252	-1,1863	0,0651	0,0052	12,4730	0,9975
		0,9237	-2,2634	0,9237	-1,1670	0,0681	0,0055	12,4840	0,9974
		0,9363	-2,2830	0,9363	-1,2013	0,0629	0,0052	12,0701	0,9963
	70 °C	0,7226	-1,5190	0,7226	-0,3750	0,4217	0,0303	13,9310	0,9986
		0,7742	-1,5936	0,7742	-0,4596	0,3471	0,0255	13,6158	0,9987
		0,8165	-1,6575	0,8165	-0,5368	0,2905	0,0220	13,2025	0,9997
	80 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	90 °C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

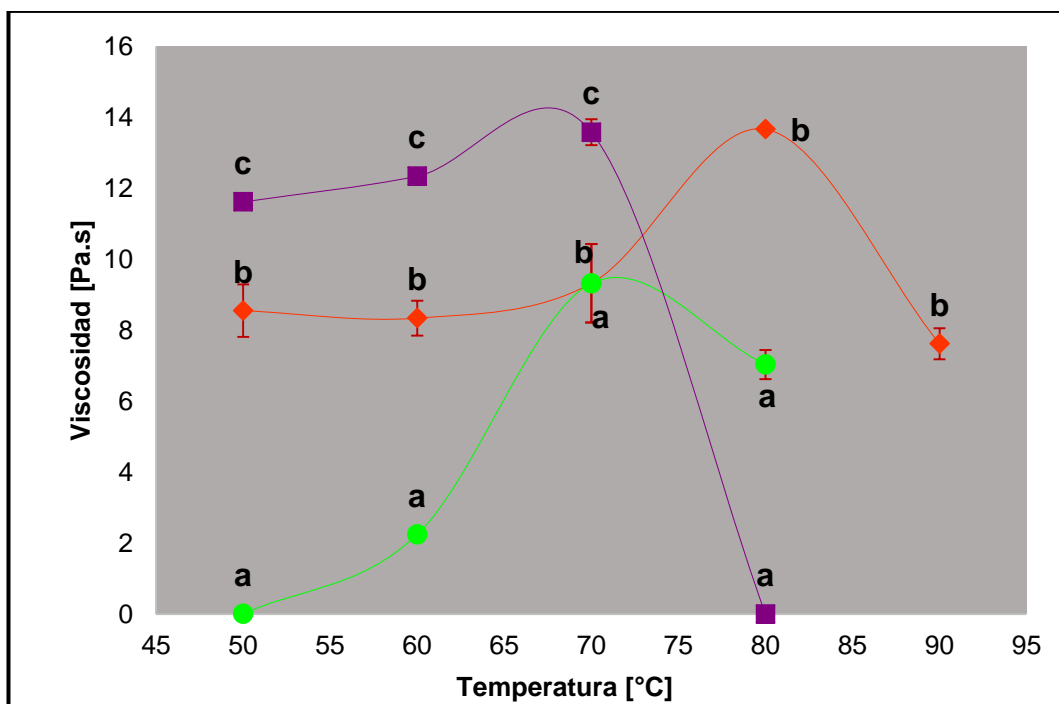
ND: No detectable.

El modelo matemático Herschel-Bulkley (Ecuación 12; Tabla 13) explica de mejor manera el comportamiento de estos fluidos, por lo tanto, incluyen la constante denominada esfuerzo de fluencia ( $c$ ).

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde  $\tau$  es el esfuerzo cortante en Pa,  $\dot{\gamma}$  es la velocidad de cizallamiento en  $s^{-1}$ ,  $\tau_0$  es el límite de fluencia en Pa y  $K$  es el índice de consistencia en  $Pa \cdot s^n$

La viscosidad se usa en el cálculo de parámetros de fenómenos de transporte, transferencia de momento y energía. Así como, en el control de calidad de algunos productos. La calidad sensorial de alimentos líquidos procesados como salsa de tomate, cremas y yogurt dependen de su consistencia y viscosidad (Toledo, 2007).



**Figura 14.** Velocidad de cizalla  $\log \dot{\gamma}$  ( $s^{-1}$ ) vs esfuerzo de cizalla  $\log \tau$  de féculas de tres variedades de camote: anaranjado CA ( $\blacklozenge$ ), blanco CB ( $\bullet$ ) y morado CM ( $\blacksquare$ )  
**a, b, c:** diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de camote

Por efecto del calentamiento (50, 60, 70, 80 y 90 °C), las tres variedades de camote (CA, CB, CM) pasaron de almidón nativo (estructura cristalina) a una pasta (estructura amorfa) y con el enfriamiento (25 °C) formaron un gel. El almidón sufre una serie de cambios que afectan a la viscosidad



(Narváez, 2013), por lo que al aplicar una temperatura de 50 °C el almidón empezó a perder la estructura cristalina, sin embargo, el almidón de CB (ND) no evidenció un incremento en la viscosidad como el CA (8,52 Pa•s) y el CM (11,52 Pa•s).

La viscosidad de cada una de las muestras siguió incrementando conforme se eleva la temperatura, formando un sólido cauchoso. El CB (9,32 Pa•s) y CM (13,58 Pa•s) alcanzaron el pico máximo de viscosidad a 70 °C; por el contrario, el CA alcanzó su mayor viscosidad a 80 °C (13,67 Pa•s).

Luego de esta etapa el almidón forma una fase tridimensional por la separación de fases, dando lugar a la retrogradación. Durante la retrogradación se evidencia una disminución en la viscosidad. El CA (7,62 Pa•s) y el CM (ND) mostraron un descenso en la viscosidad, mientras que el CB disminuyó la viscosidad hasta 7,03 Pa•s. Sin embargo, el CA se mantuvo estable hasta los 90 °C.

De acuerdo a lo expuesto por Vargas y Hernández (2012) y Osundahunsi *et al.* (2003), la viscosidad y la temperatura de gelatinización están directamente relacionadas con el tamaño de los gránulos y el contenido de amilosa. Las féculas que presenten una mayor estabilidad, muestran una estructura inter e intramolecular más fuerte.

La viscosidad sigue el mismo patrón que la CRA, SOL, FH y  $\Delta H_g$ , por lo tanto, no se encontró diferencias significativas entre el CA, CB y CM ( $p < 0,05$ ; Anexo 30, 31, 32 y 33) a 50 y 90 °C. Esto ocurre debido a la baja solubilidad de los gránulos de almidón, ya que a temperaturas inferiores a 50 °C mantienen su estructura semicristalina. Cuando supera la temperatura de gelatinización se hincha entre 30 y 50 % de su tamaño original. Una vez que las féculas sobrepasan la temperatura de gelatinización (90 °C), estas pierden la estructura cristalina y la birrefringencia de forma irreversible.

#### **g) Aplicaciones alimentarias**

Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones influyen en sus procesos de formación de pastas y geles. Diversos factores como: el

tamaño del gránulo, el contenido de almidón, contenido de amilosa tienen un efecto en la CRA, SOL, FH, viscosidad y gelatinización.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes parámetros evaluados se determinó que este tipo de féculas pueden emplearse en la elaboración de productos que no requieran temperaturas altas (caramelos masticables, natillas y pudines), puesto que, su baja estabilidad no es adecuada para productos enlatados (Hernández *et al.*, 2007). En base a los valores obtenidos en claridad de las pastas se determinó que las féculas de CA pueden emplearse como aditivo alimentario en productos de confitería, mermelada y gelatinas. Mientras que el CB y CM presentaron mayor opacidad, siendo ideales como aglutinantes y espesantes de productos cárnicos y salsas (mayonesa, tomate) (Betancur-Ancona, 2001).

Sin embargo; al presentar diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre las diferentes variedades, se estableció que si existe un efecto de la variedad sobre las propiedades funcionales y fisicoquímicas de las féculas. Por lo tanto, no se puede emplear las féculas de las tres variedades de camote (CA, CB, CM) en el mismo tipo de productos.

#### **4.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

A partir de los resultados obtenidos se determinó que no existe un efecto de la variedad en parámetros fisicoquímicos como el tamaño del ( $p = 0,7021$ ) observándose un diámetro parecido en CA, CB y CM.

De igual manera, se observó que en las propiedades funcionales como  $CRA_{50^{\circ}C}$  ( $p = 0,1671$ ),  $SOL_{50^{\circ}C}$  ( $p = 0,1876$ ) y  $FH_{50^{\circ}C}$  ( $p = 0,1811$ ), las féculas de las tres variedades presentan una baja retención de agua, presentando un comportamiento similar en todos los parámetros.

Al aplicar temperaturas de  $90^{\circ}C$  se observó retrogradación del almidón, es así que, la  $CRA_{90^{\circ}C}$  ( $p = 0,6689$ ),  $SOL_{90^{\circ}C}$  ( $p = 0,6689$ ) y  $FH_{90^{\circ}C}$  ( $p = 0,6689$ ) disminuyó en las tres variedades. La  $\Delta H_g$  ( $p = 0,4304$ ) y  $Vis_{90^{\circ}C}$  ( $p = 0,6689$ ), dependen de factores como composición amilácea, temperatura y tamaño del gránulo, por lo que, se requiere una energía similar, para lograr la gelatinización y retrogradación de las féculas de las tres variedades de

camote (CA, CB y CM). Al no hallarse diferencias estadísticamente significativas, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) para estos parámetros.

Por el contrario, propiedades fisicoquímicas como el tono ( $^{\circ}$ Hue;  $p=0,00$ ), croma ( $^{\circ}$ C;  $p=0,00$ ), índice de blancura (IB;  $p=0,00$ ) e índice de amarillez (IA;  $p=0,00$ ) mostraron diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos. Su coloración probablemente está asociada con los compuestos bioactivos propios de cada tipo de camote. Así mismo, el contenido de almidón ( $p=0,0006$ ) y amilosa ( $p=0,0481$ ) varían dependiendo del cultivar estudiado.

Propiedades funcionales como: claridad de las pastas ( $p=0,0000$ ),  $CRA_{60^{\circ}C}$  ( $p=0,0053$ ),  $CRA_{70^{\circ}C}$  ( $p=0,0075$ ),  $CRA_{80^{\circ}C}$  ( $p=0,0125$ ),  $SOL_{60^{\circ}C}$  ( $p=0,0049$ ),  $SOL_{70^{\circ}C}$  ( $p=0,0020$ ),  $SOL_{80^{\circ}C}$  ( $p=0,0125$ ),  $FH_{60^{\circ}C}$  ( $p=0,0039$ ),  $FH_{70^{\circ}C}$  ( $p=0,0075$ ),  $FH_{80^{\circ}C}$  ( $p=0,0125$ ), presentaron un comportamiento diferente, mostrando un efecto de la variedad en estos parámetros.

En la temperatura de gelatinización se observó diferencias significativas ( $p<0,05$ ) para  $T_i$ ,  $T_p$ ,  $T_f$ . De igual manera, las  $Vis_{50^{\circ}C}$ ,  $Vis_{60^{\circ}C}$ ,  $Vis_{70^{\circ}C}$ ,  $Vis_{80^{\circ}C}$ , presentan diferentes valores entre variedades. Por lo tanto, se estableció que si existe un efecto de la variedad de camote en las propiedades fisicoquímicas y funcionales. Se encontró un mayor número de parámetros que presentan diferencias estadísticamente significativas. Aceptándose así, la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

## **CAPÍTULO V.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

La evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las tres variedades de camote estudiadas (CA, CB y CM) permitieron predecir los cambios que sufrirían las féculas al aplicarse como aditivos alimentarios. De tal manera que, se estableció que este tipo de almidones son ideales para emplearse en productos de confitería y aquellos que no sobrepasen temperaturas de cocción de 90°C.

El rendimiento en el proceso de extracción de las féculas presentó diferencias por efecto de la variedad. Los tubérculos de CB (9,66 %) y CM (10,68 %), presentaron un mayor rendimiento que el CA (3,28 %); en base seca. La variación encontrada depende del tipo de corteza (delgada o rugosa), el tamaño y peso de los rizomas.

Las propiedades fisicoquímicas como: apariencia microscópica, tamaño del gránulo, color, contenido de almidón y amilosa es distintiva de cada variedad. Sin embargo, no se encontró diferencias en el tamaño y forma de las féculas de CA, CB y CM. El color ( $L^*$ ,  $C^*$ , °Hue, IB e IA) y la concentración de amilosa en el almidón, mostraron diferencias de acuerdo a la variedad.

Las tres variedades de camote presentaron una baja luminosidad e IB y un alto IA, esto se debe a que estos contienen compuestos bioactivos (antocianinas, carotenoides) que no fueron separados durante el proceso de extracción del almidón. Sin embargo, este tipo de compuestos son considerados como alimentos funcionales y pueden aportar nutricionalmente en los productos que se emplee este tipo de féculas como aditivos.

La viscosidad y la temperatura de gelatinización están directamente relacionadas con el tamaño de los gránulos y el contenido de amilosa. Las féculas de CA y CM que presenten una mayor estabilidad, debido a su alto contenido de amilosa (>39%). Además, si el de almidón presenta regiones amorfas, este alcanzará la gelatinización a temperatura bajas (CB).

Las propiedades funcionales mostraron un comportamiento diferente, dependiendo de su variedad. El CA y CM presentaron una mayor estabilidad a la temperatura, por lo que, su proceso de retrogradación se da a 90 °C.

Los CB y CM se los puede aplicar como aglutinantes y espesantes, puesto que presentan una mayor opacidad.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

En base a los resultados obtenidos en el estudio se consideró necesario recomendar la determinación de los cambios del almidón por reología, empleando un reómetro. Esto permitirá evaluar el efecto del calentamiento y enfriamiento, mediante rampas de temperatura.

## CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6.1. BIBLIOGRAFÍA

- Abegunde, O., Mu, T.-H., Chen, J.-W., y Deng, F.-M. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 169-177.
- Albán, G., y Carrasco, J. (2012). “*Elaboración de una bebida alcohólica destilada, evaluando dos niveles de levadura utilizando como sustrato papa china (Colocasia esculenta) y camote (Ipomoea batatas L.) en la planta de frutas y hortalizas de la Universidad Estatal de Bolívar*”. (Ingeniero Agroindustrial), Universidad Estatal de Bolivar, Guaranda, Ecuador.
- Alkarkhi-Abbas, F. M., Ramli, S., Yong, Y. S., y Easa, A. M. (2011). Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry*, 129(2), 312-318. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.060>
- American Association of Cereal Chemists. (1969). Starch polarimetric method. In A. A. o. C. Chemists (Ed.), *Approved methods 76-20*. Minnesota, EE. UU.
- Arévalo, A. (2011). *Uso del almidón de yuca para la obtención de alcohol etílico*. (Ingeniera en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Badui-Dergal, S. (2006). *Química de alimentos* (Pearson Educación de México Ed. Cuarta ed.). Naucalpan de Juárez, México.
- Barrera, V., Espín, S., Merino, F., Tapia, C., Brito, B., Espinosa, E., Monteros, A., Valverde, F., Caicedo, C., Estrella, J., Muñoz, L., y Villacrés, E. (2004). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. In INIAP-CIP (Ed.), *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos*

- andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)* (Vol. 4, pp. 187). Quito, Ecuador-Lima, Perú
- Bello-Pérez, L. A., Meza-León, K., Contreras-Ramos, S., y Paredes-Lopez, O. (2001). Functional properties of corn, banana and potato starch blends. *Acta Científica Venezolana*, 52(1), 62-67.
- Benavides, A. (2011). *El camote el valor nutricional y su uso en la repostería* (Tecnólogo en Gastronomía ), Universidad Técnica del Norte Ibarra, Ecuador.
- Betancur-Ancona, D. (2001). Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch/Stärke*, 53, 219-226.
- Chamba, A. (2011). "*Propuesta innovadora de 10 platos representativos de la gastronomía de la provincia de Loja en base a los existentes*". (Licenciada en Gastronomía y Servicios de Alimentos y Bebidas), Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay.
- Chamba, L. (2008). Cultivo del camote para el mercado internacional.
- Chel-Guerrero, L., Barbosa-Martín, E., Martínez-Antonio, A., González-Mondragón, E., y Betancur-Ancona, D. (2016). Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 86, 302-308. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052>
- De la Rosa, J. (2009). *Análisis físicoquímico, estructural y molecular de diferentes variedades de maíz azul*. (Mastér en Ciencia en Desarrollo de Productos Bióticos ), Instituto Politécnico Nacional Morelos, México.
- De la Torre, G. (2004). *Proyecto de factibilidad para una planta procesadora de snacks de camote*. (Ingeniera en industrialización de alimentos), Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- El Universo. (2012). Una alianza pública y privada para industrializar y exportar camote, *Diario "El Universo"*. Retrieved from <http://www.eluniverso.com/2012/01/14/1/1416/alianza-publica-privada-industrializar-exportar-camote.html>

- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., y Kaur, A. (2013). Beneficial phytochemicals in potato — a review. *Food Research International*, 50(1), 487–496.
- Guízar, A., Montañéz, J., y García, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea spp*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1), 81-88.
- Hazarika, B. J., y Sit, N. (2016). Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch. *Carbohydrate Polymers*, 140, 269-278. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.055>
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., y Betancur, D. (2007). *Caracterización Físicoquímica de Almidones de Tubérculos Cultivados en la Península de Yucatán, México*. Paper presented at the IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guanajuato, México.
- Hernández Suárez, M., Montes Hernández, A. I., Rodríguez Galdón, B., Hernández Rodríguez, L., Medina Cabrera, C. E., Ríos Mesa, D., Rodríguez-Rodríguez, E. M., y Díaz Romero, C. (2016). Application of multidimensional scaling technique to differentiate sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivars according to their chemical composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 46(Supplement C), 43-49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.10.008>
- Ibarz, A., y Barbosa, G. (2003). *Unit Operations in Food Engineering* (CRC Press LLC Ed.). Boca Raton-USA.
- Ishida, H., Suzuno, H., Sugiyama, N., Innami, S., Tadokoro, T., y Maekawa, A. (2000). Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* poir). *Food Chemistry*, 68(3), 359-367. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00206-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00206-X)
- Llerena, W., Samaniego, I., Ramos, M., y Brito, B. (2014). Caracterización físicoquímica y funcional de seis frutas tropicales y andinas ecuatorianas. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 22(2), 13-22.



- Matute Castro, N. L. (2009). *Diagnóstico, definición de procesos y formulación de mejoras en las líneas de mortadelas y salchichas en la planta procesadora de embutidos Piggis Pigem Cia Ltda.* Universidad del Azuay.
- Medina-García, L. (2013). *Obtención de maltodextrinas por vía enzimática a partir de almidón de camote (Ipomoea batatas L.)*. (Master en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable), Instituto Politécnico Nacional, Michoacán-México.
- Moorthy, S. N. (2002). Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches: A Review. *Starch - Stärke*, 54(12), 559-592. doi: 10.1002/1521-379X(200212)54:12<559::AID-STAR2222559>3.0.CO;2-F
- Narváez, E. (2013). *Estudio de la consistencia y la estabilidad en refrigeración de almidón gelatinizado de camote (Ipomoea batatas L.), utilizado como espesante en mezcla con otros ingredientes* (Ingeniera Agroindustrial), Escuela Politécnica Nacional Quito, Ecuador
- Ortega-Alvarado, J., E. (2016). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (Musa acuminata AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables*. (Ingeniería en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador
- Osundahunsi, F., Fagbemi, T., Kesselman, E., y Shimonie. (2003). Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2232-2236.
- Pérez, E., y Pacheco, E. (2005). Características químicas, físicas y reológicas de la harina y el almidón nativo aislado de *Ipomoea batatas* Lam. *Acta Científica Venezolana*, 56(1), 9-15.
- Pramodrao, K. S., y Riar, C. S. (2014). Comparative study of effect of modification with ionic gums and dry heating on the physicochemical characteristic of potato, sweet potato and taro starches. *Food Hydrocolloids*, 35, 613-619. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.006>

- PROEcuador. (2013). Ficha del Camote, Producto-Mercado In Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Ed.), (Servicio de Asesoría al Exportador ed., pp. 2). Quito (Ecuador).
- Roquel, M. (2008). *Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (Ipomoea Batata)*. (Ingeniera Química), Universidad de San Carlos de Guatemala, San Carlos, Guatemala
- Rubio, X., y Túqueres, L. (2012). *Incidencia de la Harina de Camote (Ipomoea batata L.), como Sustituto de la Harina de Trigo (Triticum vulgare), en la Elaboración de Galletas, Edulcoradas con Estevia (Stevia baudiana) y Panela*. (Ingeniero Industrial), Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Shekhar, S., Mishra, D., Buragohain, A. K., Chakraborty, S., y Chakraborty, N. (2015). Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Food Chemistry*, 173, 957-965. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.172>
- Sierra, E. (2005). Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales, 13.
- Singh, P., Valentas, K., y Rotstein, E. (1997). *Handbook of Food Engineering Practice* (CRC Press LLC Ed.). Boca Raton-New York.
- Tincopa, L. (2010). *Establecimiento de un índice de genes de Ipomoea batatas (L) Lam. usando secuenciamiento 454 a partir de bibliotecas de DNA y desarrollo de marcadores microsatélites*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Toledo, R. (2007). *Fundamentals of Food Process Engineering* (Aspen Publishers Ed. Third ed.). U.S.A.
- Vargas, P., y Hernández, D. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 37-45.
- Wang, S., Nie, S., y Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*, 89, 90-116. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.032>
- Zhindón, L. (2013). *Obtención de Harina Precocida de Camote (Ipomoea batatas L.) para su Uso Tecnológico en la Industria Alimentaria*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

Zhu, F., y Wang, S. (2014). Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweet potato starch. *Trends in Food Science & Technology*, 36, 68–78.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Capacidad de retención de agua ( $\text{g}_{\text{agua}} \cdot \text{g}_{\text{muestra}}^{-1}$ ), solubilidad (%) y factor de hinchamiento ( $\text{g}_{\text{agua}} \cdot \text{g}_{\text{almidón}}^{-1}$ ) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

VARIEDAD	TEMPERATURA [°C]	CRA	Solubilidad	Factor de hinchamiento
ANARANJADO	50	1,15 ± 0,12	10,21 ± 0,52	8,79 ± 0,85
	60	0,51 ± 0,09	7,20 ± 0,44	19,90 ± 3,21
	70	12,09 ± 0,12	10,40 ± 0,47	8,54 ± 0,73
	80	12,92 ± 0,29	14,31 ± 1,15	5,06 ± 0,59
	90	11,91 ± 0,01	9,92 ± 0,13	9,92 ± 0,13
BLANCO	50	1,06 ± 0,05	9,12 ± 0,62	11,10 ± 1,57
	60	0,86 ± 0,13	8,88 ± 0,62	11,90 ± 1,92
	70	11,76 ± 0,05	8,65 ± 0,14	12,32 ± 0,43
	80	13,50 ± 0,27	16,72 ± 1,19	4,01 ± 0,44
	90	11,81 ± 0,15	9,48 ± 0,62	10,41 ± 1,43
MORADO	50	1,06 ± 0,16	9,85 ± 0,75	9,56 ± 1,49
	60	1,02 ± 0,13	9,68 ± 0,64	9,92 ± 1,92
	70	11,89 ± 0,07	9,27 ± 0,32	10,67 ± 0,74
	80	12,00 ± 0,61	10,59 ± 0,96	8,54 ± 1,88
	90	11,82 ± 0,21	9,16 ± 0,26	11,00 ± 0,77

**Anexo 2.** Tabla de ANOVA para el parámetro tamaño del gránulo en féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	2,37669	2	1,18834	0,38	0,7021
Intra grupos	18,9907	6	3,16512		
Total (Corr.)	21,3674	8			

**Anexo 3.** Tabla de ANOVA para la Luminosidad (\*L) en féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	311,904	2	155,952	318,89	0,0000
Intra grupos	27,8753	57	0,48904		
Total (Corr.)	339,78	59			

**Anexo 4.** Tabla de ANOVA para el parámetro cromático (\*C) en féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	290,916	2	145,458	22330,54	0,0000
Intra grupos	0,37129	57	0,00651386		
Total (Corr.)	291,287	59			

**Anexo 5.** Tabla de ANOVA para el parámetro tono (°Hue) en féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	192236,	2	96118,2	94213,99	0,0000
Intra grupos	58,1521	57	1,02021		
Total (Corr.)	192295,	59			

**Anexo 6.** Tabla de ANOVA para el parámetro índice de blancura en féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Entre grupos	312,583	2	156,291	381,99	0,0000
Intra grupos	23,3215	57	0,409149		
Total (Corr.)	335,904	59			

**Anexo 7.** Tabla de ANOVA para el parámetro índice de amarillez en féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	927,799	2	463,9	29962,59	0,0000
Intra grupos	0,88251	57	0,0154826		
Total (Corr.)	928,682	59			

**Anexo 8.** Tabla de ANOVA para el parámetro contenido de almidón de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	10,4934	2	5,24671	32,14	0,0006
Intra grupos	0,9794	6	0,163233		
Total (Corr.)	11,4728	8			

**Anexo 9.** Tabla de ANOVA para el parámetro contenido de amilosa de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	38,0804	2	19,0402	5,25	0,0481
Intra grupos	21,7626	6	3,6271		
Total (Corr.)	59,843	8			

**Anexo 10.** Tabla de ANOVA para el parámetro claridad de las pastas de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	89,9509	2	44,9754	358,02	0,0000
Intra grupos	0,753733	6	0,125622		
Total (Corr.)	90,7046	8			

**Anexo 11.** Tabla de ANOVA para el parámetro capacidad de retención de agua (CRA) a 50 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	0,0838889	2	0,0419444	2,45	0,1671
Intra grupos	0,102867	6	0,0171444		
Total (Corr.)	0,186756	8			

**Anexo 12.** Tabla de ANOVA para el parámetro capacidad de retención de agua (CRA) a 60 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	0,4082	2	0,2041	14,21	0,0075
Intra grupos	0,0862	6	0,0143667		
Total (Corr.)	0,4944	8			

**Anexo 13.** Tabla de ANOVA para el parámetro capacidad de retención de agua (CRA) a 70 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	0,163267	2	0,0816333	12,33	0,0075
Intra grupos	0,0397333	6	0,00662222		
Total (Corr.)	0,203	8			

**Anexo 14.** Tabla de ANOVA para el parámetro capacidad de retención de agua (CRA) a 80 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	3,46749	2	1,73374	9,93	0,0125
Intra grupos	1,048	6	0,174667		
Total (Corr.)	4,51549	8			

**Anexo 15.** Tabla de ANOVA para el parámetro capacidad de retención de agua (CRA) a 90 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	0,0184667	2	0,00923333	0,43	0,6689
Intra grupos	0,128733	6	0,0214556		
Total (Corr.)	0,1472	8			

**Anexo 16.** Tabla de ANOVA para el parámetro solubilidad (SOL) a 50 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	1,81682	2	0,908411	2,24	0,1876
Intra grupos	2,433	6	0,4055		
Total (Corr.)	4,24982	8			

**Anexo 17.** Tabla de ANOVA para el parámetro solubilidad (SOL) a 60 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	9,60116	2	4,80058	14,60	0,0049
Intra grupos	1,97227	6	0,328711		
Total (Corr.)	11,5734	8			

**Anexo 18.** Tabla de ANOVA para el parámetro solubilidad (SOL) a 70 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	4,75887	2	2,37943	20,78	0,0020
Intra grupos	0,687133	6	0,114522		
Total (Corr.)	5,446	8			

**Anexo 19.** Tabla de ANOVA para el parámetro solubilidad (SOL) a 80 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	3,46749	2	1,73374	9,93	0,0125
Intra grupos	1,048	6	0,174667		
Total (Corr.)	4,51549	8			

**Anexo 20.** Tabla de ANOVA para el parámetro solubilidad (SOL) a 90 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	0,0184667	2	0,00923333	0,43	0,6689
Intra grupos	0,128733	6	0,0214556		
Total (Corr.)	0,1472	8			

**Anexo 21.** Tabla de ANOVA para el parámetro factor de hinchamiento (FH) a 50 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	8,27496	2	4,13748	2,30	0,1811
Intra grupos	10,7835	6	1,79726		
Total (Corr.)	19,0585	8			

**Anexo 22.** Tabla de ANOVA para el parámetro factor de hinchamiento (FH) a 60 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	167,242	2	83,6208	16,11	0,0039
Intra grupos	31,151	6	5,19183		
Total (Corr.)	198,393	8			

**Anexo 23.** Tabla de ANOVA para el parámetro factor de hinchamiento (FH) a 70 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Entre grupos	0,163267	2	0,0816333	12,33	0,0075
Intra grupos	0,0397333	6	0,00662222		
Total (Corr.)	0,203	8			

**Anexo 24.** Tabla de ANOVA para el parámetro factor de hinchamiento (FH) a 80 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	3,46749	2	1,73374	9,93	0,0125
Intra grupos	1,048	6	0,174667		
Total (Corr.)	4,51549	8			

**Anexo 25.** Tabla de ANOVA para el parámetro factor de hinchamiento (FH) a 90 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	0,0184667	2	0,00923333	0,43	0,6689
Intra grupos	0,128733	6	0,0214556		
Total (Corr.)	0,1472	8			

**Anexo 26.** Tabla de ANOVA para el parámetro calorimetría diferencial de barrido (Temperatura inicial) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	4,96269	2	2,48134	0,97	0,4304
Intra grupos	15,2953	6	2,54921		
Total (Corr.)	20,258	8			

**Anexo 27.** Tabla de ANOVA para el parámetro calorimetría diferencial de barrido (Temperatura pico) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	166,581	2	83,2904	158,16	0,0000
Intra grupos	3,15973	6	0,526622		
Total (Corr.)	169,741	8			

**Anexo 28.** Tabla de ANOVA para el parámetro calorimetría diferencial de barrido (Temperatura final) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	163,993	2	81,9963	53,28	0,0002
Intra grupos	9,2332	6	1,53887		
Total (Corr.)	173,226	8			



**Anexo 29.** Tabla de ANOVA para el parámetro calorimetría diferencial de barrido (Entalpía) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	119,151	2	59,5753	347,11	0,0000
Intra grupos	1,0298	6	0,171633		
Total (Corr.)	120,18	8			

**Anexo 30.** Tabla de ANOVA para el parámetro viscosidad a 50 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	217,347	2	108,674	595,42	0,0000
Intra grupos	1,0951	6	0,182517		
Total (Corr.)	218,442	8			

**Anexo 31.** Tabla de ANOVA para el parámetro viscosidad a 60 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	154,148	2	77,0738	764,28	0,0000
Intra grupos	0,605073	6	0,100846		
Total (Corr.)	154,753	8			

**Anexo 32.** Tabla de ANOVA para el parámetro viscosidad a 70 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	73,6108	2	36,8054	71,21	0,0001
Intra grupos	3,10125	6	0,516875		
Total (Corr.)	76,712	8			

**Anexo 33.** Tabla de ANOVA para el parámetro viscosidad a 80 °C de féculas de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-p
Entre grupos	280,229	2	140,114	2501,93	0,0000
Intra grupos	0,336016	6	0,0560026		
Total (Corr.)	280,565	8			