



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL  
ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (*Mangifera  
indica L.*) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU  
USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES**

**Daniel Gustavo Arbizú Hernández**

Asesorado por la Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL  
ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (*Mangifera  
indica L.*) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU  
USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DANIEL GUSTAVO ARBIZÚ HERNÁNDEZ**  
ASESORADO POR LA INGA. CINTHYA PATRICIA ORTIZ QUIROA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADORA	Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL  
ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (*Mangifera  
indica L.*) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU  
USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 Julio de 2020.

**Daniel Gustavo Arbizú Hernández**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, 04 de agosto de 2021.

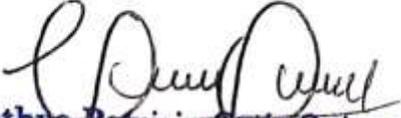
Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Por medio de la presente HAGO CONSTAR que he revisado y dado mi aprobación al Informe final del Trabajo de Graduación **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES.”**, del estudiante de Ingeniería Química Daniel Gustavo Arbizú Hernández quien se identifica con el carné número 201612246 y CUI 3003 72280 0101.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,



**Cinthya Patricia Ortiz Quiroa**  
**Ingeniera Química Col. No. 1190**

Cinthya Patricia Ortiz Quiroa  
Ingeniera Química  
Colegiado activo No. 1190  
Asesora



Guatemala, 16 de septiembre de 2021.  
Ref. EIQ.TG-IF.026.2021.

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **034-2020**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL**

Solicitado por el estudiante universitario: **Daniel Gustavo Arbízú Hernández**.  
Identificado con número de carné: **3003722800101**.  
Identificado con registro académico: **201612246**.  
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.  
En la modalidad: **Informe Final, Seminario de Investigación**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (*Mangifera indica L.*) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

**Cinthy Patricia Ortiz Quiroa, profesional de la Ingeniería Química**

Habiendo encontrado el referido trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

**Julio David Vargas García**  
Ingeniero Químico  
Colegiado

Julio David Vargas García  
profesional de la Ingeniería Química  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Guatemala, 10 de noviembre de 2021  
Ref. EIQ.244.2021

**Aprobación del informe final del trabajo de graduación**

Ingeniera  
Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Revisado el INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN (TESIS), DENOMINADO **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (Mangifera indica L.) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES** del(la) estudiante Daniel Gustavo Arbizú Hernández, se conceptúa que el documento presentado, reúne todas las condiciones de calidad en materia administrativa y académica (rigor, pertinencia, secuencia y coherencia metodológica), por lo tanto, se procede a la autorización del mismo, para que el(la) estudiante pueda optar al título de Ingeniería Química.

*“Id y Enseñad a Todos”*



Ing. William G. Alvarez Mejía, M.I.Q., M.U.I.E.  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

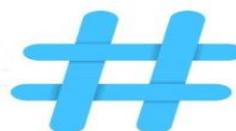
Cc. Archivo  
WGAM/wgam



Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



Formando Ingenieros Químicos en Guatemala desde 1939



**NO SALGAS  
QUÉDATE EN  
CASA**



DTG.646.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN PROCEDENTE DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DEL MANGO (*Mangifera indica L*) VARIEDAD TOMMY ATKINS A NIVEL LABORATORIO Y LA EVALUACIÓN DE SU USO EN DIFERENTES APLICACIONES INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario: **Daniel Gustavo Arbizú Hernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la sabiduría e inteligencia para lograr mis metas, por ser tan misericordioso y amoroso conmigo, por ser mi amigo fiel y roca de ayuda.
- Mis abuelos** David Arbizú (q. e. p. d.), Olga Rodas, Federico Hernández y Marta Santos. Por sus sabios consejos y por tanto amor que me han dado.
- Mis padres** Gustavo Arbizú y Marta Hernández. Por su amor incondicional, paciencia y apoyo en todo momento. Por enseñarme a luchar por mis sueños, por enseñarme a ser valiente. Los amo.
- Mi novia** Silvia Coronado, por ser la persona que me ha brindado su amor y apoyo incondicional sin interés alguno. Te amo.
- Mis hermanos** Emanuel Arbizú y Alejandro Díaz. Por su valiosa compañía en toda mi vida, por todas las alegrías, apoyo y cariño que me han dado.
- Mis tías** Mary Arbizú y Guisela Guerrero, por su cariño, consejos, compañía, regaños y abrazos que me han dado con mucho amor. Las quiero mucho.

**Mis tíos**

Augusto Arbizú, David Arbizú, Sergio Hernández, Julio Hernández (q. e. p. d.) y Jorge Hernández. Por su apoyo directo e indirecto a mi persona, sus consejos, abrazos y muestras de afecto.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Mi <i>alma mater</i> .
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser la facultad de mis sueños y por ser el lugar donde me formé profesionalmente.
<b>Escuela de Ingeniería Química</b>	Por formar mi pensamiento crítico y mis habilidades técnico-profesionales básicas.
<b>Departamento de Química Básica</b>	Por abrirme sus puertas, permitirme hacer realidad mi sueño de trasladar el conocimiento a las futuras generaciones, por confiar en mí.
<b>Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa</b>	Por asesorarme en mi proyecto de investigación, confiar en mi persona e instarme a ser un buen profesional.
<b>Ing. Julio Vargas</b>	Por tomarse el tiempo de revisar mi proyecto de graduación e incentivarme a seguir investigando.
<b>Dra. Casta Zeceña</b>	Por formarme como docente, por enseñarme la excelencia académica y por su apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

- Ing. Byron Aguilar** Por su amistad, confianza, enseñanza y consejos a lo largo de mi carrera.
- Inga. Bertha Molina** Por todo el apoyo y aprecio que me brindó a lo largo de mi carrera. Por la confianza puesta en mí.
- Inga. Adela Marroquín** Por sus enseñanzas en mi carrera profesional y como docente, por confiar en mi persona y labor, por su afecto y comprensión.
- Inga. Dora García** Por darme la oportunidad de conocer y abrirme las puertas del sector industrial, el apoyo y confianza puesta en mí.
- Mis amigos** Héctor Rodríguez, Elder Culajay, Eunice Chajaj, Dylan Cruz, Rosimery Morales, Javier Sian y Dereck Ochoa. Por su compañía a lo largo de la carrera, por todas las risas, logros y fracasos. Principalmente por la amistad sincera que me brindaron.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
Hipótesis .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación .....	8
1.3. Determinación del problema.....	9
1.3.1. Definición .....	10
1.3.2. Delimitación .....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Mango.....	13
2.1.1. Descripción .....	13
2.1.2. Taxonomía.....	14
2.1.3. Morfología.....	15
2.1.3.1. Raíces .....	15
2.1.3.2. Hojas .....	15
2.1.3.3. Árbol .....	16
2.1.3.4. Fruta .....	16
2.1.3.5. Semilla.....	17

2.1.4.	Composición química .....	17
2.1.5.	Producción nacional .....	18
2.2.	Almidón .....	18
2.2.1.	Generalidades .....	19
2.2.2.	Estructura Molecular .....	20
2.2.2.1.	Amilosa.....	21
2.2.2.2.	Amilopectina.....	21
2.2.3.	Propiedades físicas y químicas .....	23
2.2.3.1.	Aspecto microscópico y tamaño de gránulo .....	23
2.2.3.2.	Solubilidad y poder de hinchamiento....	23
2.2.3.3.	Temperatura de gelatinización .....	24
2.2.3.4.	Retrodegradación .....	25
2.2.3.5.	Viscosidad dinámica.....	25
2.2.4.	Características de los almidones.....	26
2.2.5.	Importancia y usos del almidón .....	27
2.2.6.	Tipos de almidones .....	28
2.2.6.1.	Almidones nativos .....	28
2.2.6.2.	Almidones modificados.....	28
2.2.7.	Procesos de obtención.....	28
2.2.7.1.	Por acción bioquímica .....	29
2.2.7.2.	Por desintegración mecánica .....	29
2.2.8.	Propiedades organolépticas .....	29
2.2.9.	Análisis sensorial.....	30
2.2.9.1.	Percepción sensorial .....	30
2.2.9.2.	Panel sensorial.....	31
2.2.9.3.	Pruebas de consumidores.....	32

3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	33
3.1.	Localización.....	33
3.2.	Variables.....	33
3.3.	Delimitación del campo de estudio .....	34
3.4.	Recursos humanos.....	34
3.5.	Recursos materiales.....	35
3.5.1.	Reactivos y materias primas.....	35
3.5.2.	Equipos y materiales .....	35
3.5.3.	Cristalería .....	36
3.6.	Técnicas cualitativas y cuantitativas.....	37
3.6.1.	Cualitativas .....	37
3.6.1.1.	Clasificación y selección del fruto .....	37
3.6.1.2.	Clasificación y selección del cotiledón .....	37
3.6.1.3.	Prueba de identificación del almidón ...	37
3.6.1.4.	Panel sensorial del almidón .....	38
3.6.2.	Cuantitativas.....	38
3.6.2.1.	Separación de la semilla.....	38
3.6.2.2.	Obtención del cotiledón .....	38
3.6.2.3.	Macerado.....	38
3.6.2.4.	Lavado .....	39
3.6.2.5.	Pre-triturado.....	39
3.6.2.6.	Triturado .....	39
3.6.2.7.	Sedimentado.....	39
3.6.2.8.	Sifonado .....	40
3.6.2.9.	Purificado.....	40
3.6.2.10.	Secado .....	40

3.6.3.	Métodos de análisis.....	40
3.6.3.1.	Determinación del porcentaje de humedad y secado .....	41
3.6.3.2.	Determinación de temperatura .....	41
3.6.3.3.	Determinación del pH.....	42
3.6.3.4.	Determinación de viscosidad dinámica.....	43
3.6.3.5.	Determinación de masas.....	43
3.6.3.6.	Análisis microbiológico .....	44
3.6.3.7.	Análisis químico proximal .....	44
3.6.4.	Diagrama de flujo .....	45
3.6.5.	Análisis estadístico.....	46
3.6.5.1.	Medidas de tendencia central.....	46
3.6.5.2.	Medidas de dispersión .....	47
3.6.5.3.	Análisis de varianza .....	48
3.6.5.4.	Prueba de Tukey .....	50
3.6.6.	Análisis de datos .....	51
3.6.6.1.	Programas utilizados.....	51
3.6.6.2.	Instructivo para llevar a cabo un análisis de varianza utilizando Microsoft Excel e interpretar los resultados.....	52
4.	RESULTADOS.....	59
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	71
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES .....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89

APÉNDICES ..... 95  
ANEXOS ..... 146



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura de la amilosa.....	21
2.	Estructura de la amilopectina.....	22
3.	Balanza de humedad .....	41
4.	Termómetro de alcohol .....	42
5.	Potenciómetro .....	42
6.	Viscosímetro .....	43
7.	Balanza de precisión.....	44
8.	Diagrama de flujo para la obtención de almidón del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins.....	45
9.	Pantalla principal del programa Microsoft Excel.....	52
10.	Selección de la pestaña Datos, ubicada en la barra de menús del programa.....	53
11.	Selección de la herramienta Análisis de Datos, ubicado en la barra de herramientas del menú, Datos .....	53
12.	Selección del tipo de análisis a llevar a cabo en el programa .....	54
13.	Selección del botón para habilitar el ingreso de datos por analizar ...	54
14.	Selección del rango de entrada para analizar los datos.....	55
15.	Especificación del nivel de significancia y la ubicación de salida del análisis .....	55
16.	Despliegue de los resultados del análisis de varianza .....	56
17.	Interpretación de los resultados del análisis de varianza .....	57
18.	Efecto de la concentración en la viscosidad dinámica del almidón ....	61

19.	Efecto de la concentración en el pH del almidón .....	62
20.	Efecto de la concentración en la temperatura de gelatinización del almidón .....	63
21.	Efecto de la temperatura en el pH del almidón .....	64
22.	Efecto de la temperatura en la viscosidad dinámica del almidón.....	65
23.	Azúcar glass elaborada con almidón del cotiledón de la semilla del mango.....	67
24.	Compota de mango elaborada con almidón del cotiledón de la semilla del mango.....	68
25.	Talco para pies elaborado con almidón del cotiledón de la semilla del mango.....	69
26.	Crema corporal elaborada con almidón del cotiledón de la semilla del mango.....	70

## TABLAS

I.	Composición química del mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	17
II.	Composición química en 100 g de porción comestible de alimentos con altos contenidos de carbohidratos.....	20
III.	Propiedad físicas y químicas de la amilosa y amilopectina .....	22
IV.	Características de algunos almidones usados en la industria alimentaria .....	25
V.	Descripción de variables dependientes e independientes .....	33
VI.	Análisis de varianza de un factor .....	49
VII.	Composición del mango variedad Tommy Atkins .....	59
VIII.	Análisis químico proximal del almidón .....	59
IX.	Efecto de la concentración de bisulfito de sodio en la cantidad de dióxido de azufre residual y el color del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins.....	60

X.	Resultados ponderados de las características organolépticas del almidón procedente del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins en función del tiempo de secado .....	60
XI.	Representación de la tendencia de la viscosidad dinámica en función de la concentración del almidón .....	61
XII.	Representación de la tendencia del pH en función de la concentración del almidón.....	62
XIII.	Representación de la tendencia de la temperatura de gelatinización en función de la concentración del almidón .....	63
XIV.	Representación de la tendencia del pH en función de la temperatura del almidón .....	64
XV.	Representación de la tendencia de la viscosidad dinámica en función de la temperatura del almidón.....	65
XVI.	Análisis microbiológico del almidón.....	66
XVII.	Contenido de amilosa y amilopectina del almidón .....	66
XVIII.	Rendimiento y costo de la obtención del almidón del cotiledón de la semilla del mango variedad Tommy Atkins.....	66
XIX.	Fórmula de azúcar glass con almidón del cotiledón de la semilla del mango .....	67
XX.	Fórmula de compota con almidón del cotiledón de la semilla del mango .....	68
XXI.	Fórmula de talco para pies con almidón del cotiledón de la semilla del mango .....	69
XXII.	Fórmula de crema corporal con almidón del cotiledón de la semilla del mango .....	69



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>NaHSO<sub>3</sub></b>	Bisulfito de sodio
<b>C</b>	Color
<b>[ ]</b>	Concentración
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de azufre
<b>USD \$</b>	Dólar estadounidense
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>H<sub>a</sub></b>	Hipótesis alternativa
<b>H<sub>0</sub></b>	Hipótesis nula
<b>=</b>	Igual que
<b>&gt;</b>	Mayor que
<b>&lt;</b>	Menor que
<b>≠</b>	No igual que
<b>P</b>	Poise
<b>%</b>	Porcentaje
<b>% m/m</b>	Porcentaje en masa-masa
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>F</b>	Proporción de cuadrados medios en un conjunto de datos.
<b>T</b>	Temperatura
<b>T<sub>g</sub></b>	Temperatura de gelatinización
<b>F<sub>c</sub></b>	Valor crítico
<b>μ</b>	Viscosidad dinámica



## GLOSARIO

<b>Birrefringencia</b>	Fenómeno que se produce cuando se observa un gránulo bajo un microscopio con luz polarizada y se aprecia una determinada forma por la orientación regular de las partículas submicroscópicas asimétricas del mismo. Es un indicador del grado de orden en los gránulos.
<b>Carbohidrato</b>	Molécula cuya estructura está compuesta por carbono, oxígeno e hidrógeno y cuya principal función es proporcionarle energía al organismo
<b>Cotiledón</b>	Embrión de la semilla, el cual tiene como función nutrir y desarrollar la planta en fase de crecimiento. Son las primeras hojas que le salen después de la germinación de la semilla.
<b>Endocarpio</b>	Capa interna de las tres que conforman el recubrimiento de la semilla, puede ser de consistencia leñosa.
<b>Enzima</b>	Es una proteína que acelera la velocidad de una reacción química específica en una célula.

<b>Glucógeno</b>	Polisacárido de reserva energética formado por cadenas ramificadas de glucosa.
<b>Lugol</b>	Disolución de yodo molecular y yoduro potásico en agua destilada, utilizado para identificar almidones por medio de la reacción entre la amilosa y las moléculas de yodo, formando de un color azul oscuro a negro.
<b>Maceración</b>	Rama de la biología que trata de la forma de los seres vivos y de su evolución.
<b>Morfología</b>	Proceso de mantener sumergida una sustancia sólida en un líquido, con el fin de extraer de ella las partes solubles.
<b>Polisacárido</b>	Carbohidrato formado por una larga cadena de monosacáridos.
<b>Rendimiento</b>	Proporción entre el producto obtenido y los medios utilizados.
<b>Sifonado</b>	Proceso de separación de mezclas heterogéneas por medio de un dispositivo hidráulico para trasvasar la fase menos densa de un recipiente a otra.
<b>Tanino</b>	Compuestos fenólicos que poseen propiedades astringentes y antiinflamatorias.

**Taxonomía**

Estudio científico de nombrar, definir y clasificar grupos de organismos biológicos basados en características compartidas

**Viscosante**

Sustancia que, al adicionarse a una mezcla le aporta viscosidad sin modificar sus propiedades organolépticas.



## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se caracterizó física, química y microbiológicamente el almidón obtenido a partir del cotiledón de la semilla del mango (*Mangifera indica L.*) variedad Tommy Atkins, para evaluar la rentabilidad del producto y proponer aplicaciones industriales factibles del mismo.

El almidón se obtuvo por medio de la maceración, lavado, triturado, sedimentado, sifonado, purificado y secado del cotiledón de la semilla del mango. Se caracterizaron sus propiedades físicas cuantificables para establecer modelos matemáticos empíricos y se determinó su composición química proximal. Asimismo, el almidón fue analizado microbiológicamente y se propusieron cuatro formulaciones para distintos segmentos industriales donde podría utilizarse como materia prima.

Se determinó que el almidón obtenido cumplió con los criterios del RTCA 67.04.50:08, "Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos"<sup>1</sup>, por lo cual es óptimo para el consumo humano. Asimismo, el proceso de obtención del almidón es rentable en términos económicos y puede ser utilizado para fabricar artículos del segmento alimenticio, farmacéutico y cosmético. Además, se determinó que todas las variables dependientes analizadas en función de las variables independientes se ajustan a un modelo lineal, mientras que el pH y la temperatura de gelatinización en función de la concentración, fueron las variables

---

<sup>1</sup> MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos.* 36 p.

que se ajustaron mejor a modelos lineales bajo el criterio de Pearson de la R crítica.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales y funcionales del almidón obtenido del cotiledón de la semilla del mango (*Mangifera Indica L.*) variedad Tommy Atkins para determinar su rendimiento, viabilidad y con ello poder recomendar sus posibles usos en diversos campos industriales.

### Objetivos específicos

1. Determinar la composición física del mango y la composición química proximal del almidón del cotiledón de la semilla del mango.
2. Analizar el efecto de la concentración de bisulfito de sodio en la cantidad de dióxido de azufre residual y el color del cotiledón de la semilla.
3. Evaluar el tiempo óptimo de secado del almidón en función de su color, olor, textura y apariencia.
4. Caracterizar el efecto de la concentración en la viscosidad dinámica, en el pH y en la temperatura de gelatinización del almidón.
5. Indicar el efecto de la temperatura en el pH y en la viscosidad dinámica del almidón.

6. Determinar la cantidad de mohos y levaduras, *Salmonella spp*, *Bacillus cereus*, coliformes totales y *Escherichia coli* presentes en el almidón.
7. Identificar los contenidos de amilosa y amilopectina como indicadores indirectos del potencial de aporte calórico del almidón.
8. Calcular el rendimiento de almidón obtenido por kilogramo de semilla procesada y el costo de fabricación por kilogramo de producto.
9. Proponer cuatro posibles aplicaciones industriales en las que se puede utilizar el almidón obtenido no conforme de la semilla de mango de variedad Tommy Atkins.

## Hipótesis

Es posible la obtención del almidón procedente del cotiledón de la semilla del mango (*Mangifera indica L.*) de variedad Tommy Atkins para caracterizarlo física, química, microbiológica y sensorialmente.

La concentración de bisulfito de sodio en la maceración del cotiledón de la semilla del mango no afecta significativamente el color y la cantidad de dióxido de azufre residual presente en el cotiledón.

El color, olor, textura y apariencia del almidón no varían significativamente con respecto al tiempo de secado.

Es viable la obtención del almidón procedente del cotiledón de la semilla de mango, en cantidad de almidón obtenido por kilogramo de semilla procesada.

La obtención de almidón a partir del cotiledón de la semilla del mango, es económicamente rentable para las alternativas de modelos de negocios planteados.

### Hipótesis nula:

H<sub>01</sub>: La viscosidad dinámica promedio del almidón en solución acuosa no varía significativamente respecto a su concentración a un nivel de confianza del 95 %.

$$F < F_c$$

$$H_{01}: \mu, [\ ]_1 = \mu, [\ ]_2 = \mu, [\ ]_3$$

H<sub>02</sub>: El pH del almidón en solución acuosa promedio no varía significativamente respecto a su concentración a un nivel de confianza del 95 %.

$$F < F_c$$

$$H_{02}: \text{pH}, [ ]_1 = \text{pH}, [ ]_2 = \text{pH}, [ ]_3$$

H<sub>03</sub>: La temperatura de gelatinización promedio del almidón en solución acuosa no varía significativamente respecto a su concentración a un nivel de confianza del 95 %.

$$F < F_c$$

$$H_{03}: T_g, [ ]_1 = T_g, [ ]_2 = T_g, [ ]_3$$

H<sub>04</sub>: El pH promedio del almidón en solución acuosa no varía significativamente respecto a su temperatura a un nivel de confianza del 95 %.

$$F < F_c$$

$$H_{04}: \text{pH}, T_1 = \text{pH}, T_2 = \text{pH}, T_3$$

H<sub>05</sub>: La viscosidad dinámica promedio del almidón en solución acuosa no varía significativamente respecto a su temperatura a un nivel de confianza del 95 %.

$$F < F_c$$

$$H_{05}: \mu, T_1 = \mu, T_2 = \mu, T_3$$

### **Hipótesis alternativa:**

H<sub>a1</sub>: La viscosidad dinámica promedio del almidón varía significativamente respecto a su concentración a un nivel de confianza del 95 %.

$$F > F_c$$

$$H_{a1}: \mu, [ ]_1 \neq \mu, [ ]_2 \neq \mu, [ ]_3$$

H<sub>a2</sub>: El pH del almidón en solución acuosa promedio varía significativamente respecto a su concentración a un nivel de confianza del 95 %.

$$F > F_c$$

$$H_{a2}: \text{pH}, [ ]_1 \neq \text{pH}, [ ]_2 \neq \text{pH}, [ ]_3$$

H<sub>a3</sub>: La temperatura de gelatinización promedio del almidón varía significativamente respecto a su concentración a un nivel de confianza del 95 %.

$$F > F_c$$

$$H_{a3}: T_g, [ ]_1 \neq T_g, [ ]_2 \neq T_g, [ ]_3$$

H<sub>a4</sub>: El pH promedio del almidón en solución acuosa varía significativamente respecto a su temperatura a un nivel de confianza del 95 %.

$$F > F_c$$

$$H_{a4}: \text{pH}, T_1 \neq \text{pH}, T_2 \neq \text{pH}, T_3$$

H<sub>a5</sub>: La viscosidad dinámica promedio del almidón en solución acuosa varía significativamente respecto a su temperatura a un nivel de confianza del 95 %.

$$F > F_c$$

$$H_{a5}: \mu_{T_1} \neq \mu_{T_2} \neq \mu_{T_3}$$

## INTRODUCCIÓN

El fruto del mango (*Mangifera Indica L.*) de variedad Tommy Atkins se destina hoy en día a la elaboración de diversos productos en Guatemala. La pulpa es la parte esencial del fruto que es aprovechada, sin embargo, no se ha analizado el uso que se le puede dar a la semilla. Dicha parte del fruto teóricamente debería de tener un alto contenido de carbohidratos, específicamente de almidón, el cual puede ser utilizado como materia prima para la elaboración de otros subproductos.

Actualmente en las industrias que procesan la fruta del mango se consume de forma directa o procesada lo que es la pulpa para fabricar jugos y se desecha en su totalidad la semilla. El trabajo de graduación tiene entonces como objetivo el establecer los parámetros adecuados para la obtención y caracterización de almidón a partir del cotiledón de la semilla, y consecuentemente darle un valor agregado a la fruta.

Para que se pueda definir y evaluar la conveniencia del producto en la industria, se debe de analizar física, química y microbiológicamente. Así mismo, se debe de evaluar las características sensoriales, para reportar las especificaciones del producto en certificados de análisis, los cuales son documentos que solicitan las industrias para todos los productos o materias primas como parte de su documentación técnica, que les sirve de referencia en sus procesos productivos.

Hay características de los almidones que varían en función de una variable como lo es la temperatura o la concentración, entonces para cada tratamiento de

datos se determinó si existe una diferencia significativa entre sí, por medio de análisis de varianza bajo la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 %. Así mismo se evaluó el rendimiento del producto final en términos productivos y la rentabilidad.

Actualmente no se cuenta con un tipo de aprovechamiento de la semilla del mango en las industrias, lo cual podría ser económicamente viable para el mayor aprovechamiento de la fruta. Según el reporte del Ministerio de Economía en el año 2017, Guatemala ocupaba el puesto número 6 de los principales exportadores de mango en Estados Unidos, lo cual en términos monetarios la cifra asciende a un millón trescientos cuarenta mil dólares (USD \$ 1 340 000,00).

Considerando que según análisis previos el consumo del fruto en el país va en aumento desde el año 2000 y que hay otros países a los que se les exporta, este trabajo de graduación podría ser de interés para todas las industrias que utilizan la fruta en sus procesos productivos.

# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

Se han realizado diversos estudios para la obtención y caracterización física, química y microbiológica de almidones, muy pocos para el proveniente del cotiledón de la semilla de mango (*Mangifera indica L*) y debido a la diversidad de variedades de esta fruta es que las investigaciones específicas para cada una son nulas en su mayoría. Sin embargo, se han llevado a cabo los siguientes estudios que pueden ser útiles para la variedad que se pretende analizar en este diseño y las aplicaciones industriales que al almidón se le pueden dar.

En la Universidad Nacional de San Martín, Perú. En el año 2000, Jhon Saavedra realizó el diseño experimental de la obtención y caracterización del almidón procedente de la almendra de mango (*Mangifera Indica L.*) variedad criolla, a nivel de tesis de pregrado de la Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial<sup>2</sup>. En este se determinó la concentración adecuada de bisulfito de sodio para la inactivación de las enzimas y consecuentemente evitar la fermentación, actividad microbiológica y blanqueo del almidón. Así mismo determinó la temperatura óptima de secado de este. Dentro del diseño experimental describió diversas aplicaciones del almidón en la Industria mas no desarrolló alguna.

---

<sup>2</sup> SAAVEDRA, Jhon. *Obtención y caracterización del almidón procedente de la almendra de mango (Mangifera Indica L.) variedad criolla*. Trabajo de graduación, Ingeniería Agroindustrial, Perú: Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, 2000. p. 117.

En un trabajo de investigación desarrollado en la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo en el año 2008, se llevó a cabo la caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays L.*) obtenido por diferentes métodos de aislamiento por Tomas Tovar, a nivel tesis de pregrado de la Licenciatura en Química de Alimentos<sup>3</sup>. Donde se evaluaron cuatro métodos distintos para obtener el almidón y consecuentemente determinar cuál es el más recomendable en función de su porcentaje de rendimiento.

En la Universidad Nacional de la Amazonía, Perú. En el año 2009, César Floríndez y George Floríndez llevaron a cabo el diseño experimental de la obtención y caracterización del almidón procedente del mango (*Mangifera Indica L.*) variedad Chico Rico para la obtención de talco medicinal, a nivel tesis de pregrado de la Licenciatura en Ingeniería Química<sup>4</sup>. Ellos llevaron a cabo el mismo procedimiento de obtención y caracterización del almidón que realizó Saavedra en el año 2000. Las variaciones consistieron en las especificaciones de calidad y microbiológicas para el almidón debido a que su uso sería de segmento farmacéutico, específicamente para la elaboración de talco medicinal. Ellos le dieron una aplicación industrial al almidón obtenido y utilizaron otra variedad.

Alejandra Arévalo en el año 2011, reportó en su tesis de pregrado de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, una aplicación del almidón de yuca dándole uso para la obtención de alcohol

---

<sup>3</sup> TOVAR, Tomas. *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L.) obtenido por diferentes métodos de aislamiento*. Trabajo de graduación, Química de Alimentos. México: Instituto de ciencias básicas e ingeniería, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, 2008. p. 78.

<sup>4</sup> FLORÍNDEZ, César y FLORÍNDEZ, George. *Obtención y caracterización del almidón procedente del mango (Mangifera Indica L.) variedad Chico Rico para la obtención de talco medicinal*. Trabajo de graduación, Ingeniería Química. Perú: Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de la Amazonía, 2009. p. 95.

etílico<sup>5</sup>. En el cual se analizaron la concentración de almidón de yuca en suspensión y el tiempo de hidrólisis con alfa amilasa, debido a que esas variables son fundamentales para la formación de azúcares los cuales son utilizados por las levaduras para convertirlos en alcohol etílico y dióxido de carbono.

En la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el año 2013, Sara López y Gabriela Ozaeta reportaron en su seminario de investigación de la Licenciatura en Química Farmacéutica, sobre la extracción de almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos<sup>6</sup>. Donde en vez de utilizar un viscosante original para la elaboración de crema hidratante, crema exfoliante, crema desmaquilladora, crema astringente y jabón líquido humectante utilizaron almidón extraído de arroz de rechazo molido.

Eden Jiménez y Silverio Martínez de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en el año 2016, desarrollaron como trabajo de graduación, a nivel pregrado de la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias, la obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculentum*) variedad Guayape<sup>7</sup>. Donde evaluaron las características biométricas, fisicoquímicas y la porción comestible de la yuca y consecuentemente extraer y evaluar el almidón de la yuca por medio de sus características fisicoquímicas, estructurales, morfológicas y funcionales.

---

<sup>5</sup> ARÉVALO, Alejandra. *Uso del almidón de yuca para la elaboración de alcohol etílico*. Trabajo de graduación, Ingeniería en Alimentos. Ecuador: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, 2011. p. 116.

<sup>6</sup> LÓPEZ, Sara y OZAETA, Gabriela. *Extracción de almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos*. Trabajo de graduación, Química Farmacéutica. Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. p. 100.

<sup>7</sup> JIMÉNEZ, Eden y MARTÍNEZ, Silverio. *Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculentum) variedad Guayape*. Trabajo de graduación, Ingeniería en Industrias Alimentarias. Perú: Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2016. p. 116.

En la Universidad Nacional Agraria La Molina en el año 2017, Elizabeth Peña llevó a cabo la extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Llave, Perú<sup>8</sup>. A nivel tesis de pregrado de la Licenciatura en Ingeniería de Industrias Alimentarias. Donde se analizaron las variedades de papa para encontrar nuevas fuentes de almidón para su aplicación industrial e impulsar su expansión comercial, de las cuales se obtuvo un mayor rendimiento para la variedad Imilla Blanco y para esta misma variedad se obtuvo la menor cantidad de fósforo en el almidón.

En un proyecto de investigación de la Universidad San Francisco de Quito, Perú. En el año 2018, Emilia Guerrero y Andrea Yépez elaboraron una bebida alcohólica destilada a partir de yuca y zanahoria, a nivel tesis de pregrado de la Licenciatura de Ingeniería en Alimentos<sup>9</sup>, donde se aprovechaba el alto contenido de almidones de las verduras para sacarificarlos y al añadirles levaduras, llevaron a cabo la fermentación del mosto. Al cual le aplicaron una serie de procesos para llegar a obtener la bebida alcohólica destilada. Con este diseño ya se le dio una aplicación industrial al almidón en el segmento de alimentos.

En el año 2018, Antonio Villalta de la Universidad de San Carlos realizó la evaluación de la biodegradabilidad de diversas formulaciones de un bioplástico sintetizado a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (*Mangifera Indica L.*) a escala laboratorio, a nivel tesis de pregrado de la Licenciatura en Ingeniería Química<sup>10</sup>. El diseño se basó en la obtención del almidón con la

---

<sup>8</sup> PEÑA, Elizabeth. *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Llave, Perú*. Trabajo de graduación, Ingeniería en Industrias Alimentarias. Perú: Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017. p. 170.

<sup>9</sup> GUERRERO, Emilia y YEPEZ, Andrea. *Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de yuca (Manihot esculenta) y zanahoria blanca (Arracacia Xanthorrhiza)*. Trabajo de graduación, Ingeniería en Alimentos. Perú: Colegio de Ciencias e Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito, 2018. p. 55.

<sup>10</sup> VILLALTA, Antonio. *Evaluación de la biodegradabilidad de diversas formulaciones de un bioplástico sintetizado a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (Mangifera Indica L.)*

variante de utilizar y aprovechar la cáscara del fruto en vez de la semilla. La aplicación industrial que le destinó el investigador fue la elaboración de un plástico biodegradable.

El diario mexicano El Universal, publicó en el año 2019, el artículo llamado *Almidón presente en mangos puede prevenir cáncer de colon: IPN*. En el cual, Luis Pérez explicó que el almidón es el principal polisacárido que cuando se encuentra completamente desorganizado por la cocción, se hidroliza por las enzimas digestivas hasta convertirse en glucosa, lo cual incrementa el contenido de ese carbohidrato en la sangre<sup>11</sup>.

Journal of Experimental Botany publicó en 1998, el artículo titulado *Starch: As simple as A, B, C?*<sup>12</sup> donde Trevor Wang y Tanya Bogracheva explican a detalle la química y estructura del almidón y la importancia de este en la dieta de los humanos. Asimismo, la importancia que va adquiriendo como materia prima a nivel industrial.

The Dhaka University Journal of Science, publicó en el año 2011, el artículo titulado *Extraction of starch from different sources: Their modification and evaluation of properties as pharmaceutical Excipient*<sup>13</sup>, donde Sraboni Kundu determinó que tanto el almidón nativo como el carboximetilado de maíz, papa y yuca cumplen con las especificaciones de la farmacopea británica para ser utilizado como excipiente en productos farmacéuticos.

---

a escala laboratorio. Trabajo de graduación, Ingeniería Química. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. p. 114.

<sup>11</sup> PÉREZ, Luis. *Almidón presente en mangos puede prevenir cáncer de colon: IPN*. p. 3.

<sup>12</sup> WANG, Trevor y BOGRACHEVA, Tanya. *Starch: As simple as A, B, C?* p. 502.

<sup>13</sup> KUNDU, Sraboni. *Extraction of starch from different sources: Their modification and evaluation of properties as pharmaceutical excipient*. p. 266.

International Journal of Technical Research and Applications publicó en el año 2015, el artículo titulado *Production of starch from mango (Mangifera Indica L.) seed Kernel and its characterization*<sup>14</sup>, donde se llevó a cabo el desarrollo la extracción de almidón de la semilla de mango y se determinó que efectivamente se obtiene un almidón de la semilla con un 97,82 % de pureza. Manisha Sonthalia determinó por medio de sus características fisicoquímicas que este puede ser utilizado en la industria tanto alimenticia, como no alimenticia. Concluyendo que la semilla del mango es una buena fuente de obtención de almidón.

La revista Food Science and Technology (Campinas) publicó en el año 2015, el artículo titulado *Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources*<sup>15</sup>. En este estudio, Sylvia Alcázar y Angela Meireles describen las propiedades fisicoquímicas del almidón, sus modificaciones y finalmente las aplicaciones en la industria del producto, ya sea en el campo de alimentos o en otros campos aplicables. Siendo los principales usos en la elaboración de pasteles, confitería, aditivo de alimentos para aportar textura, gelificante, azúcar glass, talcos farmacéuticos, producción de polímeros plásticos, excipiente, entre otras más.

Polímeros, ciencia y tecnología publicó en el año 2017, el artículo titulado *Extraction and properties of starch from the non-traditional vegetables Yam and Taro*<sup>16</sup>, donde Luan Andrade, Natalila Barbosa y Joel Pereira obtuvieron almidón a partir de batata y malanga. Se realizó con el objetivo de proponer fuentes de almidón en tubérculos de bajo consumo. Determinaron que ambos tubérculos son

---

<sup>14</sup> SONTALIA, Manisha. *Production of starch from mango (Mangifera Indica L.) seed Kernel and its characterization*. p. 349.

<sup>15</sup> ALCÁZAR, Sylvia y MEIRELES Angela. *Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources*. p. 236.

<sup>16</sup> BARBOSA, Natalia y PEREIRA, Joel. *Extraction and properties of starch from the non-traditional vegetables Yam and Taro*. p. 157.

ricos en almidón y por las diferencias que cada uno posee, las propiedades del almidón varían, proponiendo distintas aplicaciones para cada tipo de almidón.

Journal of Physics: Conference Series publicó en el año 2017, el artículo titulado *Extraction and Characterization of Starch from Mango seeds*<sup>17</sup> donde Nur'Aishah Shahrim y Norshahida Sarifuddin evaluaron el rendimiento de almidón obtenido de las semillas del mango por diversos mecanismos, siendo estos: por destilación, método alcalino, método de sedimentación y método de centrifugación. Obteniéndose el rendimiento más alto por medio del método alcalino.

African Journal of Food Science publicó en el año 2018, el artículo titulado *Physicochemical properties of starches extracted from local cassava varieties with the aid of crude pectolytic enzymes from Saccharomyces cerevisiae (ATCC 52712)*<sup>18</sup>, donde Japheth Agyepong y John Barimah descubrieron que las enzimas pectolíticas crudas contenidas en la levadura de cerveza mejoran el poder de hinchamiento y la solubilidad del almidón de yuca. También determinaron que el color del almidón obtenido era más blanquecino. Concluyendo que la tecnología enzimática, mejoraba las propiedades fisicoquímicas de los almidones.

Heliyon publicó en el año 2019, el artículo titulado *Isolation and characterization of starch from Limnophila aromatica*<sup>19</sup> donde, Cynthia Wijaya aisló, desgrasó y removió los compuestos fenólicos del almidón procedente de la planta *Limnophila aromática*, para aprovecharla como biomasa productora de

---

<sup>17</sup> SHAHRIM, Nur'Aishah y SARIFUDDINN, Norshahida. *Extraction and Characterization of Starch from Mango seeds*. p. 6.

<sup>18</sup> AGYEPONG, Japheth y BARIMAH, John. *Physicochemical properties of starches extracted from local cassava varieties with the aid of crude pectolytic enzymes from Saccharomyces cerevisiae (ATCC 52712)*. p. 164.

<sup>19</sup> WIJAYA, Cynthia. *Isolation and characterization of starch from Limnophila aromatica*. p. 7.

almidón. Concluyendo que dicho almidón puede ser un sustituto parcial de los almidones de maíz, arroz y papa.

Journal of Agricultural Studies publicó en el año 2020, el artículo titulado *Extraction and characterization of native starch from black and red rice*<sup>20</sup>, donde Henrique Moura, Rennan Pereira, Thaisa Souza, Deise Souza, Raphael Jacinto y Rossana Feitosa determinaron que los granos de arroz rojo y negro pueden ser una fuente alternativa de almidón, especialmente el de arroz rojo por su bajo costo y mayor rendimiento en la obtención del producto.

Finalmente Wiley Online Library publicó en el año 2020, el artículo titulado *Methods for the Extraction of Roots, Tubers, Pulses, Pseudocereals, and Other Unconventional Starches Sources: A review*<sup>21</sup> donde Dianini Hüttner, Shanise Mello, Elessandra da Rosa y Alvaro Guerra propusieron métodos que utilizan hidrociclones para separar más rápido el almidón y reducir el consumo de agua, también propusieron métodos combinados como el enzimático asociado a métodos alcalinos o ácidos para mejorar el rendimiento y pureza de los almidones. Asimismo, dejaron una recomendación, de aplicar los métodos por ultrasonido e infrarrojo para la reducir los tiempos de obtención en la extracción.

## **1.2. Justificación**

Actualmente en Guatemala, las industrias procesadoras de la fruta del Mango (*Mangifera indica L.*) se dedican primordialmente a la producción de jugos. Para la producción los jugos frutales, las industrias seleccionan variedades

---

<sup>20</sup> MOURA, Henrique, et al. *Extraction and characterization of native starch from black and red rice*. p. 17.

<sup>21</sup> HÜTTNER, Dianini, DA ROSA, Elessandra y GUERRA Alvaro. *Methods for the Extraction of Roots, Tubers, Pulses, Pseudocereals, and Other Unconventional Starches Sources: A review*. p. 13.

de un mismo fruto con la finalidad de brindar un producto terminado aceptable de acuerdo con las características organolépticas propias de cada una. En el país la variedad más utilizada para este tipo de procesos productivos es la Tommy Atkins.

Las líneas de producción están diseñadas de tal forma que se aproveche en su mayoría la pulpa del fruto y también se descarte en su totalidad lo que queda de este.

A partir de lo anteriormente expuesto, la búsqueda de darle un valor agregado al fruto ha incrementado específicamente en la utilización de la semilla para producir nuevos productos de interés comercial.

Con base en los antecedentes se ha determinado que la semilla de la fruta tiene altos porcentajes de carbohidratos, de la cual se puede obtener almidón. “Este es una fuente de energía necesaria para mantener los niveles adecuados de glucosa en la sangre de los humanos.”<sup>22</sup> Debido a la gran variedad de alternativas industriales en las que se puede utilizar como materia prima, se realizaron cuatro alternativas viables que se le puedan dar de acuerdo con su caracterización y evaluación económica.

### **1.3. Determinación del problema**

Las industrias productoras de jugos en Guatemala requieren de materias primas para la elaboración de sus productos terminados, siendo las frutas las seleccionadas por excelencia para este tipo de procesos. Una de las más

---

<sup>22</sup> SAAVEDRA, Jhon. *Obtención y caracterización del almidón procedente de la almendra de mango (Mangifera Indica L.) variedad criolla*. Trabajo de graduación, Ingeniería Agroindustrial, Perú: Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, 2000. p. 117.

consumidas debido a que se cosechan a gran escala en el país, es el mango (*Mangifera indica L.*). Dentro de la gran existencia de variedades de esta fruta, la preferida es la Tommy Atkins por sus características distintivas como el sabor y tamaño. En este tipo de industrias se aprovecha en su totalidad la pulpa y se descarta la semilla. La cantidad de semillas que se descartan es muy alta, se producen grandes cantidades de desechos orgánicos, los cuales se deben de evacuar de la empresa y llevarlos a los rellenos sanitarios, actividad por la que se debe de pagar a un proveedor de servicio externo.

Los desechos orgánicos, generalmente se descomponen por presencia de bacterias, produciendo líquidos tóxicos que al mezclarse con agua de lluvia forman aguas de lixiviación, la cual se drena y puede contaminar las aguas subterráneas. La descomposición de la materia orgánica también produce gases que provocan el efecto invernadero, incluidos el metano y el dióxido de carbono. Es por ello que la acumulación de la biomasa o su disposición incorrecta pueden tener efectos considerables tanto ambientales como legales, razón por la cual se deben de buscar alternativas provechosas para utilizarla.

### **1.3.1. Definición**

Se caracterizó física, química y microbiológicamente el almidón obtenido de la semilla de mango (*Mangifera Indica L.*) de variedad Tommy Atkins para evaluar su rendimiento en términos productivos y viabilidad en términos económicos para darle uso en diversos campos industriales. Proceso que le da un valor agregado al fruto y brinda una solución a la problemática anteriormente descrita.

### **1.3.2. Delimitación**

El estudio se limitó al muestreo de cincuenta mangos variedad Tommy Atkins, cosechados en el municipio de Mazatenango, Suchitepéquez, para extraerles los cotiledones a cada semilla y consecuentemente, obtener almidón a partir de estos.

La pulpa de la fruta fue aprovechada para elaborar productos terminados en conjunto con el almidón obtenido.

En la caracterización de las propiedades fisicoquímicas del almidón, para todas las variables se realizaron tres tratamientos diferentes, a excepción de la viscosidad dinámica, realizándose cuatro tratamientos para analizar las tendencias de dicha variable.

Se realizó un panel sensorial conformado por quince personas seleccionadas aleatoriamente del departamento de Aseguramiento de Calidad e Investigación y Desarrollo de la corporación del Caribe S.A.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Mango

“Es una de las frutas tropicales más sembradas, cosechadas y comercializadas por su característico sabor. Actualmente es cultivada en India, Indonesia, Filipinas, Australia, Egipto, Israel, Sudáfrica, Estados Unidos y en la mayoría de los países americanos con clima tropical.”<sup>23</sup>

#### 2.1.1. Descripción

“El fruto del mango se destaca por su sabor y olor tan característico. Contiene altos contenidos de vitamina A, vitamina C, carbohidratos, proteínas y taninos. Existe una gran variedad de esta fruta, las cuales varían por su consistencia fibrosa, jugo, sabor y contenido de pulpa”.<sup>24</sup>

“El tipo de fruto es simple con un mesocarpio carnoso el cual rodea su endocarpio normalmente leñoso y que generalmente tienen en su interior una sola semilla.”<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> SAAVEDRA, Jhon. *Obtención y caracterización del almidón procedente de la almendra de mango (Mangifera Indica L.) variedad criolla*. Trabajo de graduación, Ingeniería Agroindustrial, Perú: Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, 2000. p. 117.

<sup>24</sup> *Ibíd.* p. 9.

<sup>25</sup> *Ibíd.* p. 10.

“El mesocarpio es una pulpa amarilla o anaranjada, la cual es jugosa y fibrosa en su interior, la cual envuelve a la semilla regularmente grande y de grosor estándar. La semilla es dura y compuesta de una envoltura leñosa cubierta de fibras que recubren el cotiledón.”<sup>26</sup>

“El fruto se siembra principalmente en Escuintla, Zacapa, El Progreso y Retalhuleu y de acuerdo con el lugar donde se cosecha es que cambian sus características tales como: color, sabor, olor y textura.”<sup>27</sup>

“Otro factor que influye es la variedad, ya que dependiendo de esta es que se da el tiempo de cosecha, siendo para la variedad Tommy Atkins en las primeras semanas del mes de marzo. Para los meses de abril y mayo se cosechan en Guatemala las variedades Kent y Keitt.”<sup>28</sup>

### **2.1.2. Taxonomía**

El fruto del mango en términos taxonómicos pertenece a los siguientes criterios:

División:	Angiosperma.
Clase:	Magnoliópsida.
Orden:	Sapindales.
Sub orden:	Sapindinea.
Familia:	Anacardiaceae.

---

<sup>26</sup> SAAVEDRA, Jhon. *Obtención y caracterización del almidón procedente de la almendra de mango (Mangifera Indica L.) variedad criolla*. Trabajo de graduación, Ingeniería Agroindustrial, Perú: Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, 2000. p. 117.

<sup>27</sup> MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos*. 36 p.

<sup>28</sup> *Ibíd.* p. 4.

Género:	<i>Mangifera.</i>
Especie:	<i>Indica L.</i>
Nombre Científico:	<i>Mangifera Indica L.</i>

### **2.1.3. Morfología**

El fruto del mango se destaca por su sabor y olor tan característico. Contiene altos contenidos de vitamina A, vitamina C, carbohidratos, proteínas y taninos. “Existe una gran variedad de esta fruta, las cuales varían por su consistencia fibrosa, jugo, sabor y contenido de pulpa.”<sup>29</sup>

#### **2.1.3.1. Raíces**

“El árbol de mango tiene una raíz larga de las que se ramifican otras, las cuales son muy largas y alcanzan hasta 6 m de largo. Las raíces secundarias se concentran en el primer metro de profundidad y se extienden en función del área de copa del árbol. La distribución de las raíces en el suelo varía en función de la humedad que presente este.”<sup>30</sup>

#### **2.1.3.2. Hojas**

“La forma de estas es variable, normalmente oblongas con extremidades de redondeadas a acuminadas. La forma de estas es diferente dependiendo de las variedades, pero si es en relación a una variedad en específico es constante. Su tamaño varía en el árbol. Por lo regular las hojas maduras son verde oscuro con una superficie superior brillante y una superficie inferior más clara. Produce hojas

---

<sup>29</sup> IBAR, Leandro. *Cultivo de aguacate, chirimoyo, mango y papaya*. p. 123.

<sup>30</sup> *Ibíd.* p. 123.

nuevas en brotes de 10 a 20 hojas cada vez. Estas pueden cambiar su color de verde claro a café o morado hasta un verde oscuro.”<sup>31</sup>

### **2.1.3.3.      Árbol**

“El fruto nace de un árbol siempre verde, el cual puede variar su tamaño desde los 10 hasta los 50 metros de alto, dependiendo del estado en el que se encuentre. Puede haber árboles que nacen por semilla o por injerto, lo que afectará su respectivo tamaño, el volumen y la distribución de sus ramas. Desarrolla una copa en forma de cúpula y el fruto producido en áreas muy densas generan ramificaciones en paraguas y más altas.”<sup>32</sup>

### **2.1.3.4.      Fruta**

“Puede variar según la variedad y consecuentemente en forma, color y textura. Pueden pesar de 50 gramos hasta 2 kilos. La transición del color de la fruta varía en función de su estado de maduración, son verdes oscuros cuando brota el fruto, verde claro con regiones rojas o moradas cuando empiezan a madurar y amarillo cuando ya están maduros. El mesocarpio es la parte carnosa de la fruta, la cual es comestible con un sabor dulce. Cuando el fruto es maduro su textura es fibrosa y cuando brota es lisa.”<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> IBAR, Leandro. *Cultivo de aguacate, chirimoyo, mango y papaya*. p. 124.

<sup>32</sup> *Ibíd.* p. 124

<sup>33</sup> *Ibíd.* p. 124.

### 2.1.3.5. Semilla

“La variedad de mango puede tener semillas monoembrionicas o poliembrionicas. Conforman aproximadamente el 17 % en peso del fruto como tal.”<sup>34</sup>

### 2.1.4. Composición química

En la siguiente tabla se indica la composición química teóricamente del mango por cada cien gramos de la pulpa.

Tabla I. **Composición química del mango (*Mangifera indica L.*)**

Componente	Cantidad
Humedad (g)	83,00
Proteína (g)	0,40
Grasa (g)	0,20
Carbohidratos (g)	15,90
Fibra (g)	1,00
Ceniza (g)	0,50
Calcio (mg)	17,00
Fósforo (mg)	15,00
Hierro (mg)	0,40
Retinol (mcg)	159,00
Tiamina (mg)	0,03
Riboflavina (mg)	0,11
Niacina (mg)	0,39
Ácido ascórbico reducido (mg)	24,80
Valor energético (Kcal)	60,00

Fuente: COLLAZOS, Carlos. *Tablas Peruanas de composición de alimentos*. p. 38.

<sup>34</sup> IBAR, Leandro. *Cultivo de aguacate, chirimoyo, mango y papaya*. p. 125.

### **2.1.5. Producción nacional**

“En el año 2014, se cosecharon 2,54 megatoneladas de mango de acuerdo con los datos brindados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Este ministerio estimó el mismo año que aproximadamente dos mil personas en un año se benefician de esta actividad.”<sup>35</sup>

“De acuerdo con los análisis que realizó el MAGA, Retalhuleu es el departamento del país que domina la producción del mango, debido a que más del 28 % de la fruta se cosecha en ese lugar, a lo que le corresponde una cantidad aproximada de 0,7 megatoneladas al año de mangos.”<sup>36</sup>

“A este departamento le sigue Santa Rosa, el cual produce 0,33 megatoneladas de mango, a este le siguen Suchitepéquez, Escuintla, San Marcos, Jutiapa y El Progreso, los cuales en total producen más de un millón de toneladas de mango.”<sup>37</sup>

## **2.2. Almidón**

“Los almidones son polisacáridos vegetales. Fisiológicamente son sustancias de reserva, análogas al glucógeno animal y no a los constituyentes de estructura de tiro de celulosa o pectinas. Los almidones se encuentran principalmente en los granos de cereales y tubérculos. Pueden ser encontrados también en las frutas y en legumbres donde las transformaciones reversibles

---

<sup>35</sup> MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos*. 36 p.

<sup>36</sup> *Ibíd.* p. 5.

<sup>37</sup> *Ibíd.* p. 6.

entre almidón y glucosa que intervienen en la maduración y después de la cosecha tienen una influencia notable sobre la calidad del producto.”<sup>38</sup>

“El almidón es el más importante de los polisacáridos y está ampliamente difundido en la naturaleza como materia de reserva en casi todas las partes de los vegetales, además de proporcionar más calorías a la dieta normal del hombre que cualquier otra sustancia simple.”<sup>39</sup>

### 2.2.1. Generalidades

“El almidón se encuentra almacenado en la mayoría de las semillas y la composición de estas puede llegar inclusive a tener porcentajes superiores al setenta por ciento únicamente de almidón. De hecho, una de sus funciones es nutrir al embrión de la semilla durante sus primeras fases de crecimiento.”<sup>40</sup>

“También está contenido en tubérculos y raíces donde su función es proporcionarle un alimento de reserva a los tejidos que han de desarrollarse en el vegetal. Por lo regular, el almidón se acumula en pequeñas ramas leñosas con la finalidad de almacenar una fuente de energía para el futuro crecimiento de la planta o vegetal. Este también se encuentra en varios cloroplastos de los tejidos de las hojas de las plantas.”<sup>41</sup>

El almidón siempre se va almacenando en forma de pequeños gránulos que varían de forma y tamaño dependiendo de las especies vegetales.<sup>42</sup>

---

<sup>38</sup> BENAVENT, Alexandre. *Procesos de elaboración de alimentos*. p. 164.

<sup>39</sup> BRAVERMAN, J.B.J. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. p. 173.

<sup>40</sup> BONNER, James y GALSTON, Arthur. *Principles of plant physiology*. p. 96.

<sup>41</sup> *Ibíd.* p. 96.

<sup>42</sup> *Ibíd.* p. 96.

Tabla II. **Composición química en 100 g de porción comestible de alimentos con altos contenidos de carbohidratos**

Alimento	Agua (%)	Proteína (g)	Grasa total (g)	Carbohidratos (g)	Fibra total (g)	Ceniza (g)
Banano maduro	74,91	1,09	0,33	22,84	2,60	0,82
Camote	77,28	1,57	0,05	20,12	3,00	0,99
Elote	75,96	3,22	1,18	19,02	2,70	0,62
Higo maduro	79,11	0,75	0,30	19,18	2,90	0,66
Laurel real	45,20	4,20	1,20	47,10	0,00	2,30
Malanga	65,90	1,70	0,30	30,90	2,40	1,20
Mango maduro	83,50	0,50	0,20	15,40	1,80	0,40
Papa	79,34	2,02	0,09	17,47	2,20	1,08

Fuente: MENCHÚ, María y MÉNDEZ, Humberto. *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. p 32.

“Actualmente la demanda de almidón es grande, los cuales son obtenidos de los órganos vegetales. Y es esa la razón de por qué las industrias se enfocan en los cereales, tubérculos y raíces, debido a que, en estas la cantidad de almidón es elevada.”<sup>43</sup>

### 2.2.2. Estructura Molecular

“El almidón se compone de dos tipos de moléculas de polisacáridos, la amilosa y la amilopectina, ambas son homoglicanos de la D-glucosa. En el almidón natural, estas moléculas están íntimamente asociadas en gránulos estructurados, microscópicos. Los gránulos pueden contener ambos tipos de

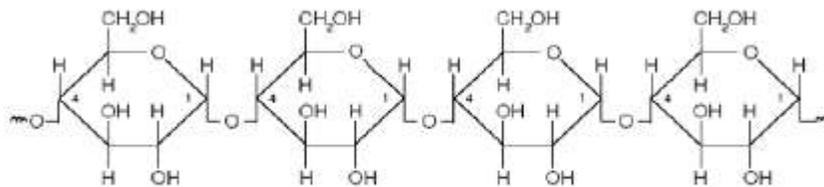
<sup>43</sup> MENCHÚ, María y MÉNDEZ, Humberto. *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. p. 8.

almidón, con amilosa en un 15-30 % del total. Algunos cereales tienen variedades que solo tienen amilopectina. Y hay otras en que la amilosa supone un 85% del contenido total del almidón.”<sup>44</sup>

### 2.2.2.1. Amilosa

“La amilosa constituye aproximadamente el 20 % del almidón y consiste en moléculas  $\alpha$ -glucosa unidas mediante enlaces  $\alpha$ -1,4-glucosídicos en una cadena continua. Un polímero típico de la amilosa puede tener de 250 a 4 000 unidades de glucosa. A veces llamado polímero de cadena recta, los polímeros de la amilosa en realidad están enrollados en forma helicoidal.”<sup>45</sup>

Figura 1. Estructura de la amilosa



Fuente: TIMBERLAKE, Karen. *Química*. p 655.

### 2.2.2.2. Amilopectina

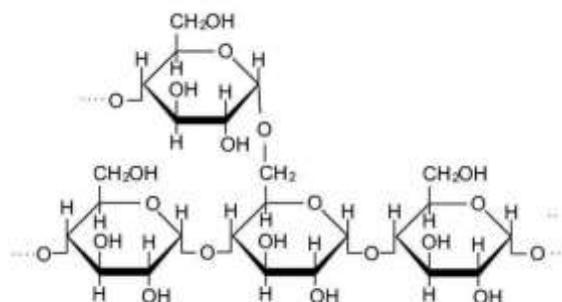
“Constituye hasta el 80 % del almidón de las plantas, es un polisacárido de cadena ramificada. Como la amilosa, las moléculas de glucosa están unidas mediante enlaces  $\alpha$ -1, 4-glucosídicos. Sin embargo, aproximadamente cada

<sup>44</sup> FENNEMA, Owen. *Introducción a la ciencia de los alimentos*. p. 228.

<sup>45</sup> TIMBERLAKE, Karen y TIMBERLAKE, William. *Química*. p. 654.

25 unidades de glucosa, hay una ramificación de moléculas de glucosa unidas mediante un enlace  $\alpha$ -1,6-glucosídico entre el carbono uno de la ramificación y el carbono seis en la cadena principal.”<sup>46</sup>

Figura 2. **Estructura de la amilopectina**



Fuente: TIMBERLAKE, Karen. *Química*. p 655.

Tabla III. **Propiedad físicas y químicas de la amilosa y amilopectina**

<b>Propiedades</b>	<b>Amilosa</b>	<b>Amilopectina</b>
Peso Molecular	10 000 – 60 000	30 000 – 1 000,000
Proporción en Almidón	15 – 30	70 – 85
Determinación del grupo final aldehído	Un grupo final por molécula	Un grupo final por 20 a 30 unidades de glucosa
Película derivada acetilada	Elástico sólido	Quebradizo
Acción de la amilosa	Hidrolizada por enzima 100 %	Hidrolizada por enzima al 60 %
Comportamiento en el agua	Fase sólida y líquida separada	Formas pastosas.
Reacción con Yodo	Torna color azul	Torna color rojo violeta

Fuente: KERR, Ralph. *Chemistry and industry of starch*. p 265.

<sup>46</sup> TIMBERLAKE, Karen y TIMBERLAKE, William. *Química*. p. 655.

### **2.2.3. Propiedades físicas y químicas**

Son las propiedades específicas que posee una porción de materia las cuales pueden ser descritas o cuantificables, siendo estas las físicas y químicas respectivamente.

#### **2.2.3.1. Aspecto microscópico y tamaño de gránulo**

“Los gránulos son cristales esféricos visibles al microscopio electrónico, que dan con rayos X de difracción, contienen muy poca agua y su tamaño varía entre cinco micrómetros a cien micrómetros.”<sup>47</sup> “El tamaño y la forma del gránulo son muy característicos de cada especie botánica, por lo que se han desarrollado diferentes métodos microscópicos para identificar el origen de los distintos almidones.”<sup>48</sup>

#### **2.2.3.2. Solubilidad y poder de hinchamiento**

El almidón en su estado natural es insoluble en agua fría, pero parece absorber cerca del 25 al 30 % y no se hincha apreciablemente. Con la elevación de la temperatura las ligaduras de hidrogeno que tienen estructura micelar unido junto a las moléculas solventes en agua tienden a disociarse. “Las pequeñas moléculas se disocian a un nivel de energía más alto y pueden saturar la estructura del almidón. Durante el hinchamiento, las moléculas libres de amilosa y algunas moléculas libres de amilopectina de bajo poder disolvente abandonan el gránulo por difusión.”<sup>49</sup> El rompimiento de la estructura del gránulo del almidón,

---

<sup>47</sup> CHEFTEL, Jean-Claude. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. p. 314.

<sup>48</sup> BADUI. *Química de los alimentos*. p. 83.

<sup>49</sup> *Ibíd.* p. 83.

cuando se somete al calor en solución acuosa, tiene lugar en tres diferentes fases:

“En la primera fase absorbe agua lenta y reversiblemente, se aprecia un hinchamiento limitado y el gránulo retiene su apariencia característica y birrefringencia. Una vez enfriados y secos no se observa cambios. Seguidamente, en la segunda fase del hinchamiento el gránulo se hincha repentinamente, aumenta su volumen muchas veces, absorbe agua en cantidad y pierde su birrefringencia, y es ahí donde se puede observar un incremento rápido de su viscosidad dinámica y una vez enfriados los gránulos se alteran en sus apariencias y muchos de ellos pierden su estructura y birrefringencia. Finalmente, la tercera fase tiene lugar cuando se aumenta la temperatura, los gránulos se vuelven como bolsas sin forma, la parte más soluble del almidón están llenos de gránulos hinchados, que cuando se enfrían forman un gel rígido.”<sup>50</sup>

### **2.2.3.3. Temperatura de gelatinización**

“Es la temperatura a la que el gránulo de almidón empieza a hincharse rápidamente y, consecuentemente a perder birrefringencia, se le denomina así debido a que dentro de la muestra los gránulos individuales de almidón difieren no solo en tamaño y forma, sino también en la energía necesaria para que se produzca tal hinchamiento.”<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> KERR, Ralph. *Chemistry and industry of starch*. p. 419.

<sup>51</sup> FENNEMA, Owen. *Introducción a la ciencia de los alimentos*. p. 228.

Tabla IV. **Características de algunos almidones usados en la industria alimentaria**

<b>Origen</b>	<b>Amilopectina (%)</b>	<b>Amilosa (%)</b>	<b>Temperatura de gelatinización</b>	<b>Tamaño de gránulo</b>
Maíz	69 – 74	26 – 31	62 – 72 °C	5 – 25 micras
Papa	73 – 77	18 – 27	58 – 77 °C	5 – 100 micras
Arroz	83	17	62 – 78 °C	2 – 5 micras
Tapioca	82	18	51 – 65 °C	5 – 35 micras
Sorgo céreo	99 – 100	0 – 1	67 – 74 °C	5 – 25 micras
Trigo	76	24	58 – 64 °C	11 – 41 micras

Fuente: BADUI, Salvador. *Química de los alimentos*. p 83.

#### **2.2.3.4. Retrodegradación**

“Es el fenómeno de insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que las cadenas lineales se orientan paralelamente e interacciona con ellas por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos.”<sup>52</sup>

La retrodegradación se puede considerar como la progresión normal hacia la solidificación de un gel de almidón. Por lo tanto, existen variables que influyen en la velocidad de esta, tales como: la temperatura, el tamaño y grosor de las partículas y la concentración de las moléculas del almidón.”<sup>53</sup>

#### **2.2.3.5. Viscosidad dinámica**

Para fines industriales, los almidones se caracterizan por la viscosidad o fluidez de las suspensiones, o por la firmeza de sus geles. “La viscosidad se mide

<sup>52</sup> BADUI. *Química de los alimentos*. p. 83.

<sup>53</sup> FENNEMA, Owen. *Introducción a la ciencia de los alimentos*. p. 228.

con viscosímetros, con los cuales se obtiene una clasificación exacta de la naturaleza de la pasta de almidón comprobando las distintas viscosidades en las suspensiones de agua a medida que la temperatura aumenta y regulando la agitación en tiempos perfectamente definidos.”<sup>54</sup>

“Debido a que la viscosidad depende en principio de la colisión y rotura de los gránulos hinchados, la temperatura a la que aparece notablemente el aumento, así como los posteriores cambios, están en función de la concentración inicial de la suspensión del almidón. También quedan involucradas las fuerzas internas que mantienen las moléculas juntas dentro del gránulo y el efecto de los demás constituyentes en los cambios de viscosidad y tamaño de los gránulos.”<sup>55</sup>

#### **2.2.4. Características de los almidones**

“Los almidones poseen en general las siguientes características:

- No se disuelven fácilmente en agua fría.
- Forman pastas y geles en agua caliente.
- No son dulces, son neutros.
- Proporcionan una fuente de energética de reserva en las plantas y en la nutrición.

---

<sup>54</sup> DE RAFOLS, Wilfredo. *Aprovechamiento industrial de los productos agrícolas*. p. 44.

<sup>55</sup> FENNEMA, Owen. *Introducción a la ciencia de los alimentos*. p. 228.

- Están presentes en semillas y tubérculos en forma de gránulos característicos de almidón,
- Por su viscosidad se emplean para espesar alimentos.
- Sus geles se utilizan en postres.
- Sus geles pueden ser modificados por azúcares o ácidos.
- El desdoblamiento parcial de los almidones produce las dextrinas.
- Sus pastas y geles pueden retrogradarse a su forma insoluble al envejecer o congelarse, lo cual causa defectos en los alimentos que lo contienen.”<sup>56</sup>

### **2.2.5. Importancia y usos del almidón**

“El almidón puede ser aprovechado de diversas maneras, principalmente en la industria alimenticia. En dicha industria puede ser utilizado en panificación, galletería y bebidas con alto aporte calórico. Sin embargo, puede utilizarse en otros segmentos industriales, tales como:

- Farmacéutico, para darle forma y consistencia a pastillas y también como vehículo de los medicamentos.
- Alimentos, para elaborar caramelos y confites para facilitar el moldeo.

---

<sup>56</sup> POTTER, Norman. *La ciencia de los alimentos*. p. 32.

- Industrial, como absorbente de aceites, grasa y agua.
- Textil y de papel, como apresto.”<sup>57</sup>

## **2.2.6. Tipos de almidones**

Los almidones pueden ser de dos tipos según su forma de obtención, nativos o modificados.

### **2.2.6.1. Almidones nativos**

“Son aquellos que se obtienen de forma natural y no se someten a ningún tratamiento químico o físico con finalidad de darle una propiedad funcional a partir de dichos cambios.”<sup>58</sup>

### **2.2.6.2. Almidones modificados**

“Son aquellos que a los que se les modifica sus propiedades por medios físicos o químicos para darle una funcionalidad específica que por lo regular es requerida por los clientes.”<sup>59</sup>

## **2.2.7. Procesos de obtención**

“Los procesos de obtención presentan variaciones en función de la materia prima que se utilice para llevar a cabo el proceso. Entre los procedimientos

---

<sup>57</sup> POTTER, Norman. *La ciencia de los alimentos*. p. 58.

<sup>58</sup> *Ibíd.* p. 33.

<sup>59</sup> *Ibíd.* p. 33.

industriales de fabricación del almidón de raíces y tubérculos se tienen los métodos por acción bioquímica y por desintegración mecánica.”<sup>60</sup>

#### **2.2.7.1. Por acción bioquímica**

“Consiste en que los tubérculos son sometidos a un proceso de fermentación o pudrimiento durante cierto periodo. Luego son machacados para ser transformados en una pulpa. Seguidamente se separa el almidón de la pulpa por medio de lavados sucesivos con agua purificada.”<sup>61</sup>

#### **2.2.7.2. Por desintegración mecánica**

“Consiste en someter a los tubérculos previamente lavados a maquinas trituradoras o desintegradoras especiales. Así se forma una pulpa que es lavada sobre tamices para separar la fibra gruesa. La lechada es sometida a un proceso de purificación en extractores centrífugos o canales de sedimentación.”<sup>62</sup>

#### **2.2.8. Propiedades organolépticas**

“Son el conjunto de características físicas que permiten describir una sustancia u objeto por medio de los sentidos.”<sup>63</sup>

- Sabor: respuesta a una sensación química, la cual es detectada con el sentido del gusto.

---

<sup>60</sup> CUEVA, Jaime. *Proyecto de una planta industrial para la producción de almidón de yuca en Cajamarca*. p. 51.

<sup>61</sup> *Ibíd.* p. 51.

<sup>62</sup> *Ibíd.* p. 52.

<sup>63</sup> BADUI. *Química de los alimentos*. p. 83.

- Color: percepción del reflejo producido por un alimento por medio de los órganos visuales.
- Textura: combinación de las características de superficie, mecánicas y geométricas producidas por los componentes químicos estructurales de un alimento.
- Olor: sensación resultante del estímulo olfativo por las sustancias más volátiles de un alimento.

### **2.2.9. Análisis sensorial**

“Es una evaluación afecto-descriptiva donde se evalúan las propiedades organolépticas y se pueden analizar las propiedades fisicoquímicas de algún producto para determinar el grado de aceptación del mismo.”<sup>64</sup>

#### **2.2.9.1. Percepción sensorial**

“Es el procesamiento e interpretación de sensaciones producidas por un objeto, los cuales son recibidos por los sentidos y causan un efecto en la persona.”<sup>65</sup> Los tipos de percepción sensorial que existen son:

- Visual
- Espacial

---

<sup>64</sup> GONZÁLEZ, Verónica, et. al. *Introducción al análisis sensorial*. p. 3.

<sup>65</sup> RODRÍGUEZ, Laura. *Elaboración de una guía para la selección, entrenamiento y monitoreo de jueces sensoriales para productos de confitería*. p. 8.

- Olfativa
- Auditiva
- Táctil
- Térmica
- Del dolor
- Gustativa
- Del equilibrio
- Del tiempo
- De la forma
- Del campo magnético

#### **2.2.9.2. Panel sensorial**

“Es el conjunto de panelistas o degustadores que a través del uso de sus sentidos recibirán estímulos de un producto a evaluar con el fin de emitir un juicio sobre sus propiedades organolépticas para el desarrollo, mejora y control de calidad de un producto en específico.”<sup>66</sup>

---

<sup>66</sup> GONZÁLEZ, Verónica, et. al. *Introducción al análisis sensorial*. p. 3.

### 2.2.9.3. Pruebas de consumidores

Miden la preferencia de estos hacia un producto buscando la aceptación del mismo en el mercado. Estas pruebas deben ser realizadas por personas que formen un grupo representativo de la población de consumidores del producto evaluado. Dentro de las pruebas de consumidores existen dos grandes familias:

- “Pruebas de preferencia: en estas pruebas el consumidor o juez de la prueba realiza una elección entre productos.”<sup>67</sup>
- “Pruebas hedónicas: en estas pruebas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista.”<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> GONZÁLEZ, Verónica, et. al. *Introducción al análisis sensorial*. p. 4.

<sup>68</sup> *Ibíd.* p. 4.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización

La parte experimental de la investigación se realizó en el Laboratorio de Físicoquímica de la empresa Transformaciones del Caribe S.A. y en el Laboratorio de Química General de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### 3.2. Variables

Las variables que se analizaron en la investigación fueron las siguientes:

Tabla V. Descripción de variables dependientes e independientes

Variable	Tipo de variable	
	Dependiente	Independiente
Concentración de bisulfito de sodio.	X	
Temperatura de secado.	X	
Concentración del almidón en solución acuosa.	X	
Temperatura.	X	
Dióxido de azufre residual		X
Remoción de taninos		X
Color del cotiledón de la semilla del mango		X
Características organolépticas		X
Viscosidad dinámica		X
pH		X
Temperatura de gelatinización		X

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

### **3.3. Delimitación del campo de estudio**

El estudio se limitó a la obtención de almidón a partir del cotiledón de la semilla de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Tommy Atkins para caracterizarlo física, química y microbiológicamente.

Se determinó la existencia de diferencias significativas entre las propiedades fisicoquímicas del almidón en cada tratamiento de secado y en cada par de variables cuantificables determinadas.

Así mismo, se evaluó si el almidón obtenido cumplía con las especificaciones microbiológicas de la normativa legal vigente para los aditivos alimenticios.

Se calculó el rendimiento y rentabilidad del producto obtenido en función de los insumos y costos que se llevan a cabo durante el proceso de obtención.

Finalmente, se realizaron cuatro propuestas para utilizar el producto obtenido en procesos a nivel industrial del segmento cosmético, farmacéutico y alimenticio.

### **3.4. Recursos humanos**

Investigador: Br. Daniel Gustavo Arbizú Hernández  
Asesor: Inga. Qca. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa

### **3.5. Recursos materiales**

Para ejecutar la parte experimental del trabajo de graduación, se requirieron los siguientes insumos:

#### **3.5.1. Reactivos y materias primas**

- Agua
- Bisulfito de sodio
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Hexano
- Lugol
- Mango de variedad Tommy Atkins
- Ácido clorhídrico (HCl) al 36 %

#### **3.5.2. Equipos y materiales**

- Balanza de precisión, marca U.S. Solid
- Licuadora, marca Oster, modelo BLRY007-Z00-013

- Balanza de humedad, marca OHAUS, modelo MB120
- Viscosímetro, marca Brookfield, modelo DB-II+ de agujas
- Potenciómetro Hanna, modelo HI2550
- Plancha de calentamiento con agitación, modelo MI0102003
- Agitador magnético
- Termómetro de alcohol
- Manguera de 0,5 cm de diámetro
- Organza
- Cuchillo

### **3.5.3. Cristalería**

- Beaker de 50, 100, 500 y 1 000 mL
- Probeta de 10 y 500 mL

### **3.6. Técnicas cualitativas y cuantitativas**

A continuación, se detalla el procedimiento realizado durante la fase experimental.

#### **3.6.1. Cualitativas**

Son técnicas que no requieren de una cuantificación específica, son aquellas que describen, clasifican o detallan a un material por sus propiedades físicas u organolépticas.

##### **3.6.1.1. Clasificación y selección del fruto**

Se separaron los frutos por grupos de distinta calidad, basados en su tamaño, forma y carencia de defectos (magullado, manchas y podredumbres).

##### **3.6.1.2. Clasificación y selección del cotiledón**

Se descartaron los cotiledones que presentaron puntos negros, manchas y que estaban oscuros. Con la finalidad de que el almidón por obtener tuviera la mejor calidad posible.

##### **3.6.1.3. Prueba de identificación del almidón**

Se realizó la prueba de identificación del almidón del cotiledón de la semilla del mango obtenido en cada tratamiento de secado y a una muestra de almidón de maíz con Lugol.

#### **3.6.1.4. Panel sensorial del almidón**

Se tomaron tres muestras de almidón del cotiledón de la semilla del mango a distintas temperaturas de secado y la última de un almidón de maíz comercial. El panel aplicado fue de tipo afectivo de consumidor con escala hedónica de cinco puntos para evaluar el grado de satisfacción de los panelistas con cada muestra que analizaron.

#### **3.6.2. Cuantitativas**

Son técnicas cuantificables o medibles en las que es necesario hacer un análisis específico o un recuento de los materiales involucrados en el proceso.

##### **3.6.2.1. Separación de la semilla**

Por medio de un cuchillo se separó la semilla del fruto y se lavó con agua hasta que se eliminaran la mayor cantidad de pulpa en la superficie de esta. Se pusieron a secar para facilitar la separación del cotiledón del endocarpio fibroso.

##### **3.6.2.2. Obtención del cotiledón**

Se cortó el endocarpio fibroso con un cuchillo y se extrajo manualmente el cotiledón.

##### **3.6.2.3. Macerado**

Los cotiledones seleccionados se colocaron en un beaker con solución de bisulfito de sodio a distintas concentraciones, en un volumen que pueda recubrir todos los cotiledones por 48 horas. El reactivo se utilizó para inactivar las enzimas, evitar la fermentación, prevenir la actividad microbiológica y como

antioxidante. Para este proceso se analizó si hay diferencia significativa entre la concentración de bisulfito de la solución y la cantidad de dióxido de azufre residual.

#### **3.6.2.4. Lavado**

Se realizaron varios lavados del almidón con agua destilada para eliminar la cantidad de bisulfito de sodio residual y algunas impurezas adheridas al cotiledón.

#### **3.6.2.5. Pre-triturado**

Se cortaron los cotiledones en partes pequeñas con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable para garantizar la inocuidad del producto, dicha actividad permitió que se realizara de manera más eficiente el triturado.

#### **3.6.2.6. Triturado**

Los cotiledones cortados fueron triturados en la licuadora con agua potable para reducir el tamaño de la partícula y así facilitar la extracción del almidón.

#### **3.6.2.7. Sedimentado**

La pasta obtenida en el triturado se hizo pasar por una tela fina para separar la biomasa del agua. Se añadió agua con bisulfito de sodio al 1 % para evitar que se pudiera oscurecer el almidón. Se dejó reposar la tela con la biomasa en su interior dentro del agua para que sedimentará únicamente el almidón en el recipiente.

#### **3.6.2.8. Sifonado**

Se retiró la tela con la biomasa en su interior para que en el recipiente únicamente se tuviera el almidón y el agua. Para retirarle el agua, se introdujo una manguera de 0,5 centímetros de diámetro en el recipiente con el almidón sedimentado y el otro extremo en otro *beaker* a diferentes alturas para extraer el agua del recipiente y trasladarla a otro, quedando únicamente el almidón con una pequeña porción de agua.

#### **3.6.2.9. Purificado**

Al almidón húmedo se le agregó hexano para lavarlo, dicho lavado se hizo tres veces y se separó el hexano del almidón por medio del sifonado, esto con el objeto de remover grasas presentes en el producto. Con respecto al desproteínizado se realizó haciendo lavados sucesivos del almidón con soluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico a 0,2 M.

#### **3.6.2.10. Secado**

Para este proceso se realizaron tres tratamientos a distintas temperaturas de secado (100 °C, 115 °C y 125 °C) hasta obtener una diferencia de masas constante durante 60 segundos, con la finalidad de determinar la temperatura óptima de secado en función de las características físicas del almidón obtenido aplicando un panel sensorial.

### **3.6.3. Métodos de análisis**

Son procesos analíticos que se aplican para cuantificar una variable específica por medio de un equipo o instrumento de medición.

### 3.6.3.1. Determinación del porcentaje de humedad y secado

Para este proceso se utilizó una balanza de humedad marca OHAUS modelo MB120.

Figura 3. Balanza de humedad



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A..

### 3.6.3.2. Determinación de temperatura

Para este proceso se utilizaron termómetros de alcohol que medían hasta 80 °C.

Figura 4. **Termómetro de alcohol**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### 3.6.3.3. **Determinación del pH**

Para este proceso se utilizó un potenciómetro digital marca Hanna Instruments modelo HI2550.

Figura 5. **Potenciómetro**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

#### 3.6.3.4. Determinación de viscosidad dinámica

Para este proceso se utilizó un viscosímetro digital marca Brookfield modelo DV-II+ de agujas.

Figura 6. Viscosímetro



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

#### 3.6.3.5. Determinación de masas

Para este proceso se utilizó una balanza de precisión de dos decimales, marca U.S. Solid.

Figura 7. **Balanza de precisión**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

#### **3.6.3.6. Análisis microbiológico**

El presente procedimiento se realizó con ayuda de laboratorio externo a la empresa, LAFYM (Laboratorio de Análisis Físicoquímico y Microbiológico) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

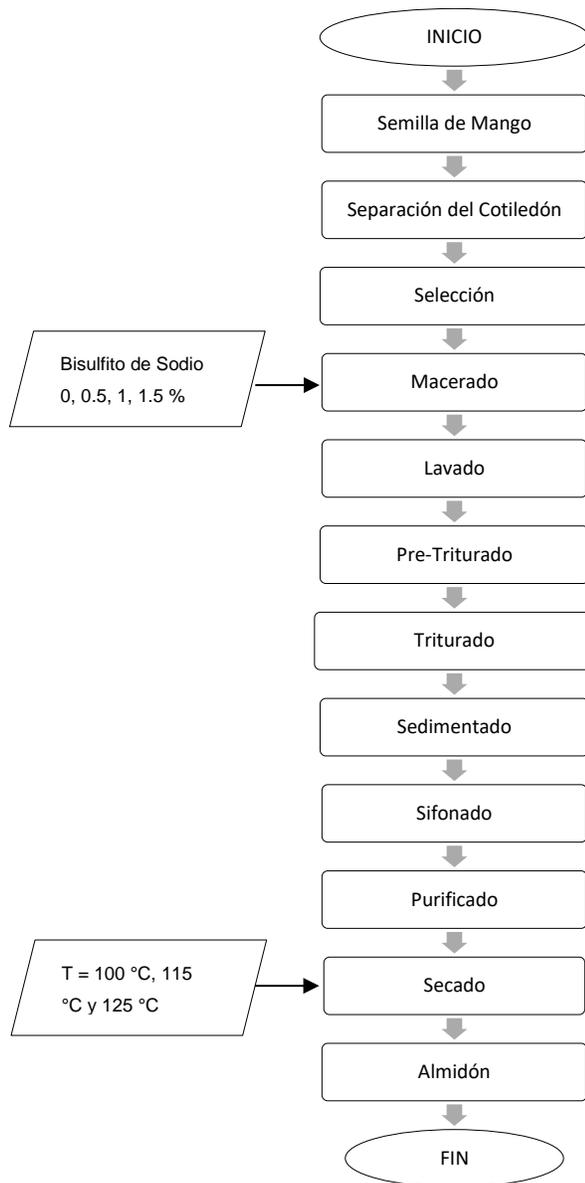
#### **3.6.3.7. Análisis químico proximal**

El presente procedimiento se realizó con ayuda de laboratorio externo a la empresa, INLASA. Ubicado en la zona 12 de la Ciudad Capital.

### 3.6.4. Diagrama de flujo

A continuación, se representa gráficamente el proceso de la obtención del almidón del cotiledón de la semilla de mango.

Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención de almidón del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins



Fuente: elaboración propia, empleando programa Creately.

### **3.6.5. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los datos cuantitativos se utilizaron las medidas de tendencia central y de dispersión, debido a que ambas son fundamentales para la determinación de la variabilidad que presentan los datos y consecuentemente concluir con la aceptación o rechazo de las hipótesis.

Para el criterio de aceptabilidad de las hipótesis se utilizó el Análisis de Varianza (ANDEVA, por sus siglas en español), el cual devolvió un valor de “F” crítico junto al valor final “F” para el conjunto de datos, y el criterio de aceptación para cada hipótesis se determinó de la siguiente manera:

Sí el valor de “F” era superior al crítico se concluía que la variabilidad es significativa para ese conjunto de datos y por consiguiente se aceptaría la hipótesis alternativa, caso opuesto si el valor final obtenido fuese menor al crítico, donde se aceptaría entonces la hipótesis nula.

#### **3.6.5.1. Medidas de tendencia central**

De las medidas de tendencia central únicamente se calculó la media aritmética para indicar el dato central de las corridas de cada uno de los ensayos a realizarse.

- Media Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n} \quad (\text{Ecuación Núm. 1})$$

Donde:

$\bar{x}$  = media aritmética.

$\sum_1^n x_i$  = sumatoria de datos.

$n$  = número de datos

La ecuación anterior se utilizó para tratar los conjuntos de datos en los que se realicen repeticiones para analizar datos promedio en cada variable.

### 3.6.5.2. Medidas de dispersión

Se calculó la desviación estándar para determinar la precisión de los datos muestrales respecto a la media y el coeficiente de variación para determinar la variabilidad de los resultados en porcentaje respecto a la media.

- Desviación estándar muestral

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_n - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Ecuación Núm. 2})$$

Donde:

$\bar{x}$  = media aritmética

$\sum()$  = sumatoria de datos

$n$  = número de datos

$s$  = desviación estándar muestral

$x_n$  = valor de la muestra

La ecuación anterior se utilizó para tratar los conjuntos de datos en los que se realicen repeticiones y se requiera evaluar el grado de dispersión de los datos muestrales con respecto a la media.

- Coeficiente de variación

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (\text{Ecuación Núm. 3})$$

Donde:

$CV$  = coeficiente de variación.

$s$  = desviación estándar muestral.

$\bar{x}$  = media aritmética.

La ecuación anterior se utilizó para tratar los conjuntos de datos en los que se realicen repeticiones y se requiera evaluar el grado de dispersión de los datos en porcentaje con respecto a la media.

### 3.6.5.3. Análisis de varianza

La prueba de aceptación de hipótesis se llevó a cabo por medio del análisis de varianza, a partir de la diferencia entre medias. De tal forma que se asume que las varianzas son iguales de las  $k$  poblacionales. Por lo que se utilizó la tabla de análisis de varianza (ANDEVA, por sus siglas en español).

Las pruebas estadísticas generalmente se basan en dos hipótesis competitivas, la alternativa y la nula. La hipótesis alternativa define si una prueba es de una cola (unilateral) o de dos colas (bilateral).

“Las pruebas bilaterales se asocian a una hipótesis alternativa de la cual se desconoce el signo de la diferencia potencial. Es decir, se desconoce el resultado esperado para la hipótesis alternativa.”<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 509.

“Caso contrario con las pruebas unilaterales, ya que estas se asocian a una hipótesis alternativa de la cual se conoce el signo de la diferencia potencial. Es, decir, se conoce el resultado esperado para la hipótesis alternativa.”<sup>70</sup>

Tabla VI. **Análisis de varianza de un factor**

Fuentes	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F (Prueba)	F crítica
Tratamientos	SST	k-1	MST	MST/MS E	F (α, k- 1, n-1)
Error	SSE	n-k	MSE		
Total	SStotal	n-1			

Fuente: WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. p 56.

- Diferencia entre tratamientos

$$SST = \sum_{i=1}^k \frac{x_i}{i_1} - CM \quad (\text{Ecuación Núm. 4})$$

- Corrección de media

$$CM = \frac{1}{n} \left( \sum_i i \sum_j \sum_i i \right) \quad (\text{Ecuación Núm. 5})$$

- Varianza total

$$SStotal = \left( \sum_{i=1}^k \frac{x_i}{i_1} - CM \right) \quad (\text{Ecuación Núm. 6})$$

<sup>70</sup> WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 510.

- Diferencia dentro de cada tratamiento

$$SSE = SS_{\text{total}} - SST \quad (\text{Ecuación Núm. 7})$$

- Corrección de la media de tratamientos

$$MST = \frac{SST}{k - 1} \quad (\text{Ecuación Núm. 8})$$

- Corrección de la media de errores

$$MSE = \frac{SSE}{n - k} \quad (\text{Ecuación Núm. 9})$$

Las ecuaciones anteriores se utilizaron para analizar la existencia de diferencia significativa entre variables a un determinado nivel de confianza o en su defecto de significancia.

#### 3.6.5.4. Prueba de Tukey

Es una prueba que se utiliza en análisis de varianza para crear intervalos de confianza para todas las diferencias de parejas entre las medidas de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado. Para esta prueba solamente existen tablas para niveles de significancia del 5 y del 1 %. La expresión del método de Tukey es la siguiente:

$$w = q - \sqrt{\frac{CME}{r}} \quad (\text{Ecuación Núm. 10})$$

Donde:

q = valor de la tabla de Tuckey con el número de tratamientos y grados de libertad del error

CME = cuadrado medio del error

r = repeticiones del tratamiento

w = comparador para el par de tratamientos

La ecuación anterior se utilizó para analizar la existencia de diferencia significativa entre variables a un determinado nivel de confianza o en su defecto de significancia y un criterio de prueba obtenido y un crítico.

### **3.6.6. Análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron analizados de forma matemática y estadística para determinar objetivamente las características del almidón cuantitativas y consecuentemente determinar si es aceptable el almidón por los consumidores.

#### **3.6.6.1. Programas utilizados**

A continuación, se enlistan y describen los programas que se utilizaron para procesar los datos obtenidos en la investigación.

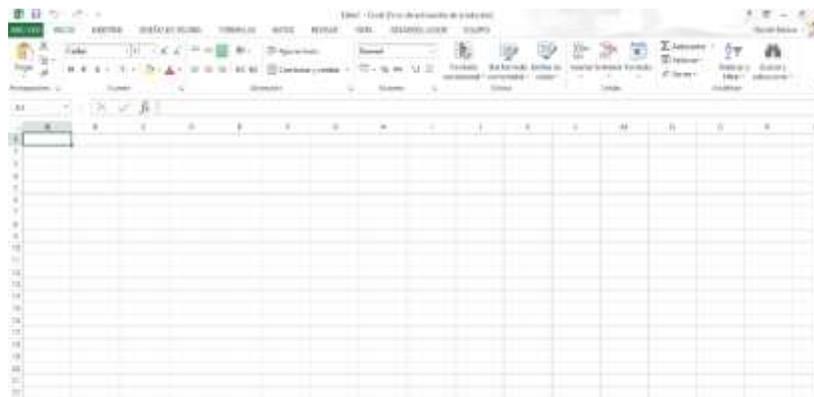
- Microsoft Word 2016: se utilizó para editar y presentar el informe final de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.
- Microsoft Excel 2016: se utilizó para automatizar el cálculo y la determinación de parámetros estadísticos tales como: media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación muestral. También se utilizó para llevar a cabo los análisis de varianza.

### 3.6.6.2. Instructivo para llevar a cabo un análisis de varianza utilizando Microsoft Excel e interpretar los resultados.

A continuación, se detalla el proceso para realizar un análisis de varianza de un conjunto determinado de datos en el programa Microsoft Excel 2016.

- Abrir el programa Microsoft Excel.

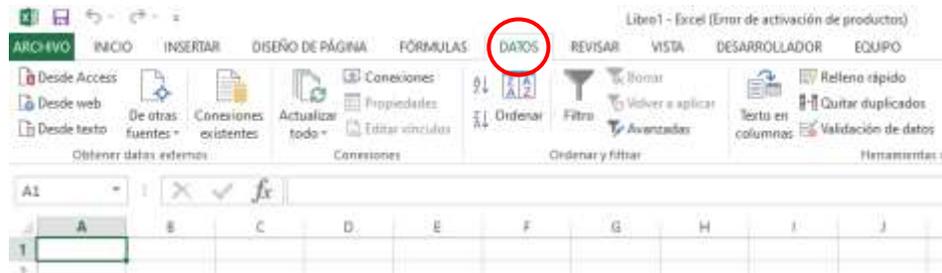
Figura 9. Pantalla principal del programa Microsoft Excel



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Seleccionar la pestaña “Datos”.

Figura 10. **Selección de la pestaña Datos, ubicada en la barra de menús del programa**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Seleccionar la opción “Análisis de Datos”.

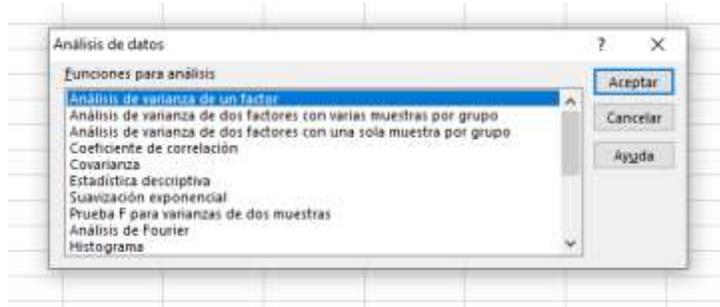
Figura 11. **Selección de la herramienta Análisis de Datos, ubicado en la barra de herramientas del menú, Datos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Seleccionar el tipo análisis a llevar a cabo, en este caso análisis de varianza de un factor y darle clic al botón “Aceptar”.

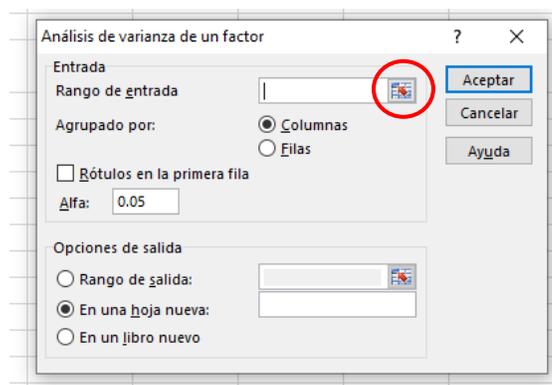
Figura 12. **Selección del tipo de análisis a llevar a cabo en el programa**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Dar clic al botón de insertar datos.

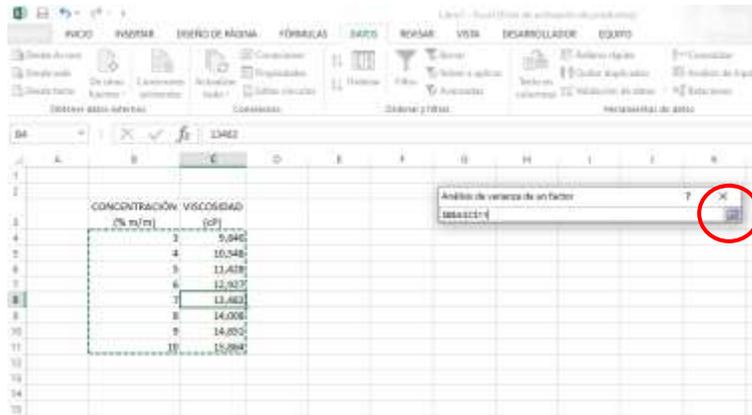
Figura 13. **Selección del botón para habilitar el ingreso de datos por analizar**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Seleccionar los datos a analizar y darle clic nuevamente al botón de insertar.

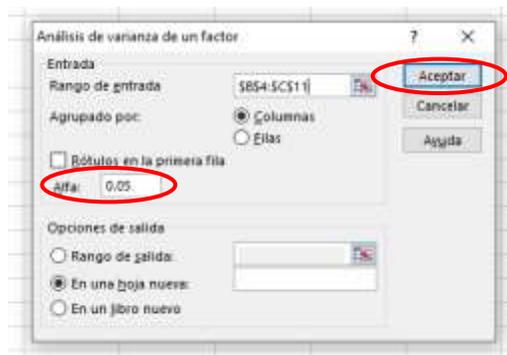
Figura 14. Selección del rango de entrada para analizar los datos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Especificar a la agrupación de los datos por analizar, el nivel de significancia, la ubicación de donde se quiere obtener la tabla y darle clic al botón “Aceptar”.

Figura 15. Especificación del nivel de significancia y la ubicación de salida del análisis



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Automáticamente obtendrá los resultados del análisis de varianza en la ubicación que especificó. En este caso en una hoja nueva.

Figura 16. **Despliegue de los resultados del análisis de varianza**

Columna	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	6	52	8.67	6
Columna 2	6	102348	17058	449922.41

Origen de la variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad >= F	Valor crítico para F
Entre grupos	661724176	1	661724176	296.801888	8.04219E-11	4.800109937
Dentro de los grupos	8121288	11	738298.909			
Total	670046064	12				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

- Los siguientes datos resaltados, son los criterios de aceptación de las hipótesis, si  $F > F_c$  se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Si  $F < F_c$  se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la nula. En este caso como  $F > F_c$  se acepta la hipótesis alternativa, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existe diferencia significativa entre las variables analizadas.

Figura 17. Interpretación de los resultados del análisis de varianza

	A	B	C	D	E	F	G
1	Análisis de varianza de un factor						
2							
3	RESUMEN						
4	Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
5	Columna 1	8	52	6.5	6		
6	Columna 2	8	102948	12868.5	4459023.43		
7							
8							
9	ANÁLISIS DE VARIANZA						
10	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
11	Entre grupos	6617241.76	1	6617241.76	296.801888	8.04219E-11	4.600109937
12	Dentro de los grupos	31213206	14	2229514.714			
13							
14	Total	692937382	15				
15							

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.



## 4. RESULTADOS

Tabla VII. **Composición del mango variedad Tommy Atkins**

<b>Componente</b>	<b>Abundancia (%)</b>
Pulpa	75,68
Cáscara	17,19
Semilla	7,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla VIII. **Análisis químico proximal del almidón**

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
Humedad	11,13 %
Proteína	0,00 %
Grasa	0,00 %
Carbohidratos	88,72 %
Cenizas	0,15 %
Calorías	3,55 Cal/ g

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

**Tabla IX. Efecto de la concentración de bisulfito de sodio en la cantidad de dióxido de azufre residual y el color del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins**

<b>Concentración de bisulfito de sodio (%m/m)</b>	<b>Color del cotiledón fresco</b>	<b>Color del cotiledón después del macerado</b>	<b>Cantidad de SO<sub>2</sub> (ppm)</b>
0,00	Blanco	Café oscuro	0,00
0,50	Blanco	Café	5,00
1,00	Blanco	Blanco	8,67
1,50	Blanco	Blanco con secciones negras	18,33

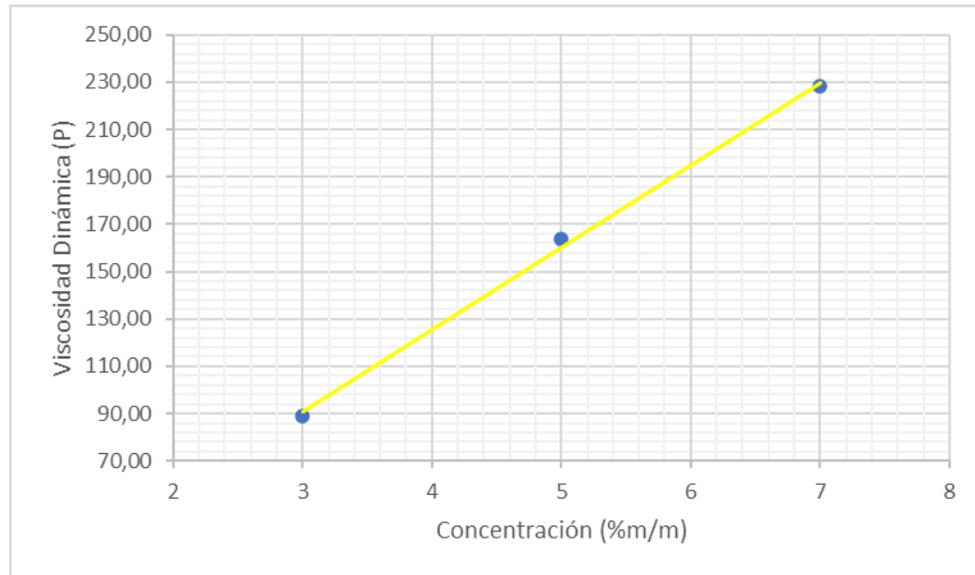
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

**Tabla X. Resultados ponderados de las características organolépticas del almidón procedente del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins en función del tiempo de secado**

<b>Temperatura de Secado (°C)</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Textura</b>
100	85,42	70,83	83,33	79,17
115	77,08	64,58	77,08	77,08
125	43,75	62,50	56,25	64,58

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 18. **Efecto de la concentración en la viscosidad dinámica del almidón**



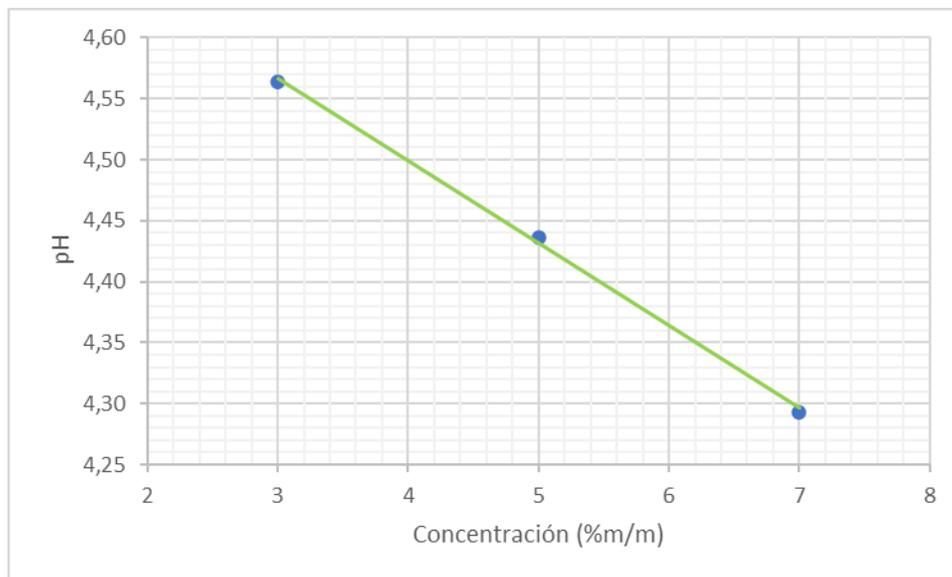
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XI. **Representación de la tendencia de la viscosidad dinámica en función de la concentración del almidón**

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Rango Validez
	$\mu = 34,725(\%m/m) - 13,303$	0,9983	(3-7) %m/m

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 19. Efecto de la concentración en el pH del almidón



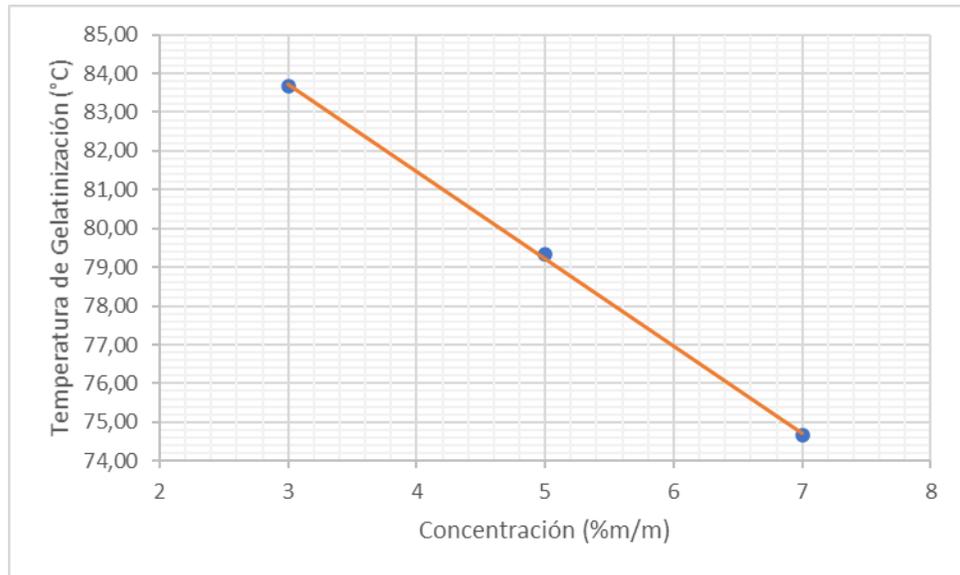
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XII. Representación de la tendencia del pH en función de la concentración del almidón

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Rango Validez
	$\text{pH} = -0,0675(\%m/m) + 4,7686$	0,9987	(3-7) %m/m

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 20. **Efecto de la concentración en la temperatura de gelatinización del almidón**



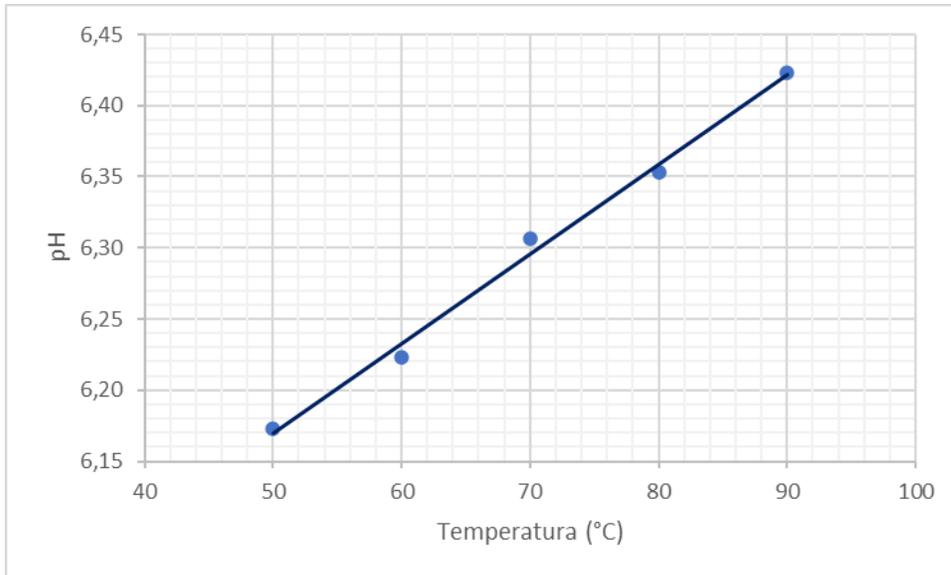
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XIII. **Representación de la tendencia de la temperatura de gelatinización en función de la concentración del almidón**

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Rango Validez
	$T_g = -2,25(\%m/m) + 90,472$	0,9995	(3-7) %m/m

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 21. Efecto de la temperatura en el pH del almidón



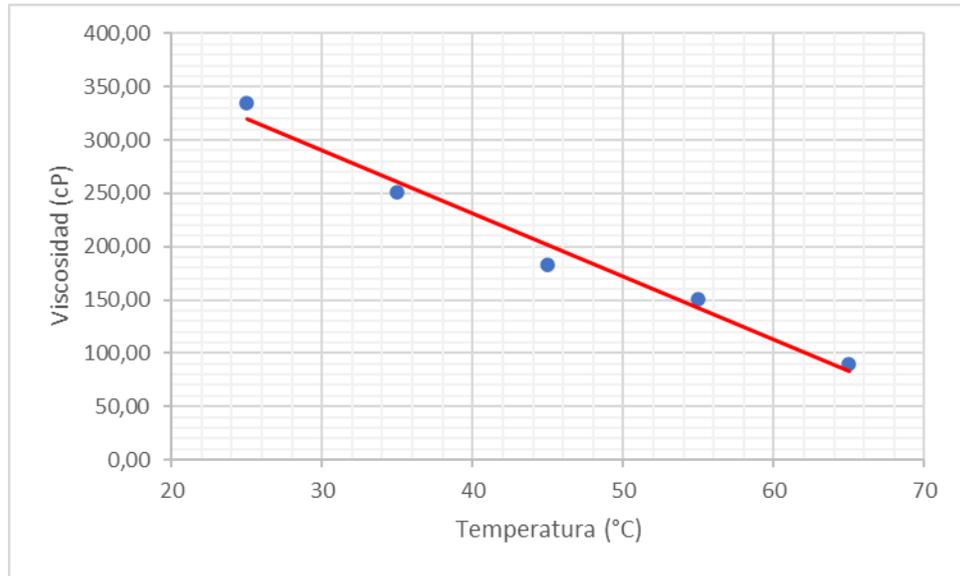
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XIV. Representación de la tendencia del pH en función de la temperatura del almidón

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Rango Validez
	pH = 0,0063T + 5,855	0,9937	(50-90) °C

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 22. **Efecto de la temperatura en la viscosidad dinámica del almidón**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XV. **Representación de la tendencia de la viscosidad dinámica en función de la temperatura del almidón**

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Rango Validez
	$\mu = -5,9117T + 467,89$	0,9776	(25-65) °C

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XVI. **Análisis microbiológico del almidón**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>
Aislamiento e Identificación <i>Salmonella sp</i>	Ausente
Recuento Coliformes totales	< 3 NMP/g
Aislamiento e Identificación <i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP/g
Recuento Aeróbico Total	2,0x10 <sup>2</sup> UFC/g
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g
Recuento e Identificación <i>Bacillus cereus</i>	< 10 UFC/g

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Tabla XVII. **Contenido de amilosa y amilopectina del almidón**

<b>Polisacárido</b>	<b>Abundancia promedio (%)</b>
Amilosa	35,57
Amilopectina	64,43

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XVIII. **Rendimiento y costo de la obtención del almidón del cotiledón de la semilla del mango variedad Tommy Atkins**

<b>Proceso</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo Total (USD \$)</b>
Obtención del almidón (kg almidón/ kg semilla procesada)	12,01	1,56

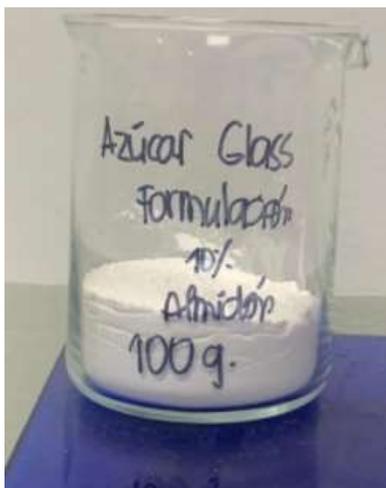
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XIX. **Fórmula de azúcar *glass* con almidón del cotiledón de la semilla del mango**

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Azúcar de caña pulverizada	89,00
Fosfato tricálcico	1,00
Almidón del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins	10,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 23. **Azúcar *glass* elaborada con almidón del cotiledón de la semilla del mango**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Tabla XX. **Fórmula de compota con almidón del cotiledón de la semilla del mango**

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Azúcar morena	51,10
Pulpa de fruta (mango variedad Tommy Atkins)	25,10
Almidón del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins	12,50
Sabor artificial de vainilla	10,00
Agua desmineralizada	0,75
Ácido cítrico	0,20
Sorbato de potasio	0,20
Benzoato de sodio	0,15
Sabor artificial de vainilla	51,10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 24. **Compota de mango elaborada con almidón del cotiledón de la semilla del mango**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Tabla XXI. **Fórmula de talco para pies con almidón del cotiledón de la semilla del mango**

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Talco chino grado USP	64,00
Almidón del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins	32,00
Aceite esencial de menta piperita	3,00
Salicilato de metilo	0,40
Aceite esencial de romero	0,30
Mentol en cristales	0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 25. **Talco para pies elaborado con almidón del cotiledón de la semilla del mango**



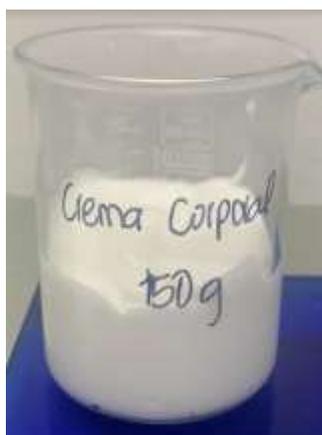
Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Tabla XXII. **Fórmula de crema corporal con almidón del cotiledón de la semilla del mango**

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agua desmineralizada	71,90
Alcohol cetosteárico	6,00
Alcohol cetílico	5,80
Parafina líquida	5,00
Estearato de glicerilo	2,50
Copolímero de acrilato	2,50
Trietanolamina	2,10
Octametildiclotetrasiloxano	1,00
Almidón del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins	1,00
Shea butter	1,00
Fragancia	0,50
Fenoxietanol	0,40
Carbómero	0,20
Ácido cítrico	0,10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 26. **Crema corporal elaborada con almidón del cotiledón de la semilla del mango**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El mango de variedad Tommy Atkins por su tamaño y sabor característico es uno de los frutos más consumidos en el país, a partir de esto es importante mencionar que, de acuerdo con los resultados de la tabla VII contiene dentro de su composición, en menor proporción lo que es la semilla, siendo lo más abundante la pulpa y en segundo plano la cáscara. Sin embargo, en contraste con otras variedades el tamaño y masa de las semillas es de mayor magnitud, lo cual fue conveniente debido a que el aprovechamiento de la semilla fue el tema de interés para el desarrollo del presente trabajo de graduación.

La determinación de la composición química proximal de cada alimento tiene como objetivo identificar la abundancia en porcentaje, de los componentes principales que lo conforman. Para el caso de los almidones, se espera que su mayor proporción esté conformada por carbohidratos, debido a que está formado por moléculas de glucosa de forma lineal (amilosa) y en forma de ramificación (amilopectina), la cual es conocida por ser el carbohidrato más simple. Es por ello que de acuerdo con la tabla VIII, los resultados de carbohidratos presentes en el almidón obtenido se tuvo el resultado de mayor magnitud.

En el caso de la grasa y proteína, se esperaban que los resultados fueran los mínimos posibles, debido a que se realizaron lavados con hexano para remover las grasas presentes en el almidón y también se realizaron lavados con hidróxido de sodio y ácido clorhídrico para remover las proteínas. Esto indica, que el proceso de purificación realizado fue efectivo ya que de acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla VIII no se encontró presencia de grasas y proteínas en el producto. El objetivo de dicha remoción se realiza para obtener

un almidón más puro y evitar que alguna otra sustancia afecte en las propiedades de este.

Respecto a las cenizas presentes en el almidón, se puede decir que la cantidad de materia inorgánica presente después de quemarse es muy baja de acuerdo con el resultado obtenido en la tabla VIII. Indicador de la pureza del producto obtenido que en su mayoría es materia orgánica aprovechable. Ahora bien, respecto a las calorías, se puede decir que tiene un aporte calórico o energético relativamente alto, es decir, puede ser utilizado como ingrediente activo para bebidas con alto aporte calórico como atoles. Lo cual era esperado, al estar conformado por moléculas de glucosa.

Con relación a la obtención del almidón del cotiledón de la semilla del mango, se tuvieron que realizar varios tratamientos, iniciando con la separación mecánica del cotiledón que se encontraba dentro de la semilla. La capa externa de la semilla tiene una función particular y es que actúa como protectora para evitar que se oxide el cotiledón, es por ello que es necesario que al extraerlo inmediatamente se coloque a macerar en una solución de algún reactivo que le permita a la semilla conservar sus propiedades iniciales, en este caso se utilizó bisulfito de sodio, el cual actuó como agente antioxidante y antimicrobiano.

Referente a los resultados obtenidos en la tabla IX y al tratamiento de la concentración de bisulfito de sodio con respecto al color de los cotiledones, se determinó que a 1 % m/m, se mantuvo el color inicial de estos. Referente a las dos soluciones con menor concentración, se observaron cambios de color en función del tiempo de macerado (48 horas) tornándose de color café. Lo cual es indicador que hubo actividad enzimática y consecuentemente se oxidaron. Con respecto a la solución de 1,5 % m/m de bisulfito de sodio, el color de estos se mantuvo de color blanco, pero tenían áreas de color negro y con apariencia de

carcomido, lo cual indica que hubo una degradación de la masa, cuestión que es indeseable en este proceso, debido a que puede afectar la integridad del producto a obtener.

El bisulfito de sodio al estar en contacto con agua libera dióxido de azufre, el cual se utiliza también en frutas con el objetivo de conservarlas y evitar que se oxiden. Sin embargo, también reducen la absorción de algunas vitaminas y pueden ser un riesgo latente para algunas personas en términos de salud. Por dichas razones, las entidades gubernamentales de cada país han estipulado dosis máximas de este aditivo en alimentos, siendo está de 50 ppm para almidones en Guatemala según el Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.54:10 “Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios”.

Bajo el criterio anterior y los resultados obtenidos en la tabla IX, se puede decir que la concentración óptima para macerar el cotiledón es del 1 % debido a que la cantidad que emite de dióxido de azufre residual no sobrepasa las 50 ppm y se mantiene el color inicial de los cotiledones, con respecto al tratamiento del 1,5 % no sobrepasa el máximo permisible de dióxido de azufre residual, pero a mayor concentración puede afectar el sabor final del producto a obtener y adicional a ello degrada el cotiledón en algunas regiones. Finalmente, con respecto a las otras concentraciones (0 y 0,5 %), ambas emiten menos de 50 ppm de dióxido de azufre residual, pero no son capaces de inactivar la actividad enzimática y microbiana en los cotiledones.

Una vez determinada la concentración óptima de macerado, se realizó el proceso con el resto de las semillas para llevar a cabo el pre-triturado y el triturado utilizando una licuadora para reducir el tamaño de las partículas. Sin embargo, es necesario dejar sedimentando la pasta obtenida en agua con una manta de

intermedio, para que únicamente logre pasar por el poro el almidón y se retengan los sobrenadantes que no son deseables.

Por diferencia de densidades y la falta de solubilidad del almidón en agua, se formó una mezcla heterogénea bifásica, de la cual se extrajo el agua por medio del sifonado. Una vez separado el almidón se realizaron tres lavados con hexano e inmediatamente con soluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico ambas a 0,2 M para purificar el almidón. Finalmente se realizaron cinco lavados con agua para evitar que quedaran trazas de los reactivos utilizados. Cabe mencionar que el objetivo de lavar con hexano fue el remover las grasas y de los lavados con solución de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico fue remover las proteínas del almidón.

Seguidamente, con el almidón obtenido se realizaron tres tratamientos distintos para determinar el efecto del tiempo de secado en sus propiedades organolépticas. Para ello se tomaron 3 muestras de 7 gramos cada una para poner a secar cada una a 100, 115 y 125 °C durante 5 minutos.

Para determinar el efecto del tiempo de secado se realizó un análisis sensorial afecto descriptivo para ponderar cuantitativamente el grado de aceptación de los tratamientos comparándolos con una muestra de un almidón de maíz nativo comercial.

Respecto a los resultados tabulados en la tabla X y al tratamiento de secado a 125 °C, el color del almidón fue de color café claro, lo cual para términos comerciales no es deseable debido a que el color estándar del almidón es blanco y en términos de humedad fue el que menor porcentaje obtuvo siendo de 1,24 %. Lo que indica que a mayor temperatura de secado hay una mayor remoción de humedad, sin embargo, esto afecta al producto final en términos fisicoquímicos.

Referente a los resultados de la tabla X y al tratamiento de secado a 115 °C, el almidón presentó un color blanco cremoso y una humedad del 1,67 %. Finalmente, el almidón secado a 100 °C fue el más aceptado en términos de color, olor, apariencia y textura debido a que fue el mejor calificado en promedio. Sin embargo fue el que presentó un mayor porcentaje de humedad, siendo este del 2,36 %. Lo cual es aceptable ya que, a nivel comercial, el rango de aceptación de esta variable oscila entre 10 y 13,5 % de acuerdo con los estándares de diversos proveedores internacionales, tales como Cargill, Sunar. Meelunie, entre otros.

Sin embargo, es importante mencionar que el resultado de humedad a gran escala dio como resultado 11,13 % a 100 °C. Lo cual se debe a que el análisis de humedad en el equipo utilizado para secar únicamente tenía como capacidad máxima 10 gramos, por dichas razones, el secado de la muestra total de almidón a 100 °C se realizó en un horno por convección donde el almidón húmedo se colocó en una bandeja de aluminio. El resultado no es para nada alarmante, debido a que el producto obtenido se encuentra dentro de rango aceptable para su comercialización. Dicha variación se debe a que a mayor escala hay una mayor capa de producto húmedo lo cual afecta el proceso de secado y no se elevó la temperatura para dicho proceso debido a que un aumento en la temperatura de secado afecta significativamente las propiedades fisicoquímicas del mismo.

Con respecto a los datos ponderados del secado se calculó la desviación estándar muestral para determinar de forma indirecta la dispersión de los datos, la cual fue muy alta debido a que en la evaluación sensorial ponderada cada nivel tenía una diferencia de 25 puntos ya que únicamente se consideraron 5 criterios, entonces una variación entre resultado afectó significativamente el promedio y la dispersión de estos.

Para caracterizar fisicoquímicamente el almidón se realizaron 5 tratamientos, de los cuales se obtuvo lo siguiente:

Se puede apreciar en la figura 18 y tabla XI que la viscosidad dinámica varía significativamente respecto a la concentración de forma directamente proporcional, lo cual era esperado, debido a que, a mayor cantidad de almidón, más partículas habrían de gelatinizarse en el proceso de calentamiento, lo cual aporta mayor viscosidad a la mezcla. Para analizar dichas variables, fue necesario calentar todas las muestras a 80 °C y luego enfriarlas a temperatura ambiente, para realizar la lectura de la viscosidad. Dicha metodología se realizó con el fin de que el almidón gelatinizara y se establecieran las mismas condiciones de calentamiento y enfriado a distintas concentraciones. Cabe mencionar que la relación entre variables fue altamente ajustable a una tendencia lineal bajo el criterio de Pearson de la R crítica y eso se debe a que se analizaron únicamente tres tratamientos. Lo cual a su vez es bueno, debido a que el modelo empírico obtenido puede devolver valores de viscosidad altamente confiables. La desventaja, sería que únicamente es aplicable para un rango de concentración entre 3 y 7 % en masa-masa. Para el conjunto de datos analizados por medio del análisis de varianza, se obtuvo una F mayor a la F crítica, por lo tanto, se pudo concluir en la aceptación de la hipótesis alternativa, la cual indica que la viscosidad dinámica varía significativamente respecto a la concentración de almidón a un nivel de confianza del 95 %.

Como se puede apreciar en la figura 19 y tabla XII, el pH varía inversamente proporcional respecto a la concentración, sin embargo, de forma no significativa. Esto se debe a que ocurre una disminución en el pH de cada solución al ir aumentando la concentración de almidón, pero la diferencia entre tratamientos no es tan alta entre sí y entre grupos.

Lo cual era esperado, debido a que los almidones en su gran mayoría poseen una acidez en solución acuosa entre pH's de 5-7 según fichas técnicas de diversos proveedores internacionales (Cargill, Sunar y Compañía de desarrollo y de industrialización de productos primarios S.A.) y según su concentración. A concentraciones mayores, más acidez aporta el almidón a la mezcla a temperaturas ambiente, ya que si la temperatura aumenta habrá modificaciones en el pH.

Respecto al análisis de correlación, pese a que la relación entre variables fue inversamente proporcional, estas se ajustaron muy bien a una tendencia lineal bajo el criterio de Pearson de la R crítica. Considerando las mismas ventajas y desventajas indicadas en el párrafo anterior. Para el conjunto de datos analizados por medio del análisis de varianza, se obtuvo una F menor a la F crítica, por lo tanto, se pudo concluir en la aceptación de la hipótesis nula, la cual indica que el pH no varía significativamente respecto a la concentración del almidón a un nivel de confianza del 95 %.

De acuerdo con los datos que se puede visualizar en la figura 20 y tabla XIII, la temperatura de gelatinización varía inversamente proporcional a la concentración de forma significativa. Esto se debe a que durante el aumento de la temperatura las partículas de almidón lentamente empiezan a absorber el agua en las zonas intermicelares amorfas. Cuando el gránulo alcanza su volumen máximo por el hinchamiento, se rompe parcialmente y tanto la amilosa como amilopectina se dispersan en la mezcla, lo que permite darle viscosidad a la mezcla.

Entonces, cuando se aumenta la cantidad de partículas de almidón, hay más de ellas absorbiendo agua y permitiendo una transferencia de calor por

conducción entre sí, lo que permite que la gelificación se dé más rápido. Caso contrario cuando hay menos partículas de almidón.

El ensayo se realizó tres veces para evaluar la precisión del tratamiento, la cual fue muy alta debido a que los valores del coeficiente de variación y de la desviación estándar fueron bajos. Respecto al análisis de correlación, las variables se ajustaron muy bien a una tendencia lineal bajo el criterio de Pearson de la R crítica. Considerando las mismas ventajas y desventajas indicadas en el párrafo anterior. Para el conjunto de datos analizados por medio del análisis de varianza, se obtuvo una F mayor a la F crítica, por lo tanto, se pudo concluir en la aceptación de la hipótesis alternativa, la cual indica que la temperatura de gelatinización varía significativamente respecto a la concentración del almidón a un nivel de confianza del 95 %.

En la figura 21 y tabla XIV se puede reflejar que el pH varía directamente proporcional a la temperatura del almidón, de forma significativa. Lo cual confirma lo que dice la literatura respecto a la influencia de la temperatura en el pH de cualquier sustancia. Lo que sucede específicamente en este caso, es que cuando se aumenta la temperatura, hay una liberación de amilosa la cual en disolución acuosa tiene un pH neutro. Entonces el pH ácido que se tenía inicialmente, se ve afectado por el aporte de iones hidroxilo de la amilosa en solución acuosa. Respecto al modelo se puede decir que la relación entre variables fue altamente ajustable a una tendencia lineal bajo el criterio de Pearson de la R crítica y para este análisis se incluyó un tratamiento adicional, lo cual puede devolver valores de pH altamente confiables con un mayor rango de validez, el cual oscila en este caso entre 50 y 90 °C. Para el conjunto de datos analizados por medio del análisis de varianza, se obtuvo una F mayor a la F crítica, por lo tanto, se pudo concluir en la aceptación de la hipótesis alternativa, la cual indica que el pH varía

significativamente respecto a la temperatura de almidón a un nivel de confianza del 95 %.

En el caso de la figura 22 y tabla XV, se puede percibir que la viscosidad dinámica varía inversamente proporcional respecto a la temperatura del almidón de forma significativa.

Lo cual era esperado, debido a que a mayor temperatura en sustancias líquidas o semisólidas se provoca un aumento en la energía cinética de las partículas que las conforman, según sea el caso, consecuentemente disminuyen las fuerzas de cohesión ocasionando una disminución de la viscosidad. Entonces, el almidón en solución acuosa después de su gelatinización, cuando se analiza la fase de enfriamiento se puede percibir dicho aumento en la viscosidad, tal cual se describe en la figura 22. Referente al modelo se puede decir que la relación entre variables fue débilmente ajustable a una tendencia lineal bajo el criterio de Pearson de la R crítica, lo que indica que al utilizar dicho modelo matemático para predecir un valor de viscosidad respecto a una determinada temperatura de una solución acuosa de almidón se pueden presentar desviaciones significativas, con la observación que para este caso el rango de validez oscila entre 25 y 65 °C. Para el conjunto de datos analizados por medio del análisis de varianza, se obtuvo una F mayor a la F crítica, por lo tanto, se pudo concluir en la aceptación de la hipótesis alternativa, la cual indica que la viscosidad dinámica varía significativamente respecto a la temperatura de almidón a un nivel de confianza del 95 %.

Para todas las conclusiones respecto al criterio de Pearson de la R crítica, se utilizaron los valores de la R crítica para pruebas unilaterales, debido a que se conocían las tendencias y comportamientos teóricos de los resultados obtenidos.

El Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08 “Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos”, establece límites permisibles para los microorganismos que pueden tener los productos terminados del sector alimenticio, como de los aditivos. En el caso de los almidones que se encuentran en la categoría de harinas, únicamente indican que se debe tener <3 NMP/g de *Escherichia coli*. Lo cual cumple de acuerdo con el resultado obtenido de acuerdo con la tabla XVI. Sin embargo, se realizaron también análisis de *Salmonella sp*, recuento de mohos y levaduras, recuento de coliformes totales, recuento aeróbico total y el recuento e identificación de *Bacillus cereus*. Debido a que, si el producto requiere de ser exportado, debe de cumplir con las especificaciones microbiológicas de los demás países.

En el caso de los almidones, estos son muy susceptibles a la contaminación con moho y en general se ha evidenciado en varios estudios microbiológicos que el patógeno *Bacillus cereus* se encuentra frecuentemente contaminando alimentos con alto contenido de almidón, debido a que produce enzimas del tipo amilasas que le permiten hidrolizar el almidón y utilizarlo como fuente de carbono para su crecimiento. Sin embargo, para este caso, se puede concluir que el producto obtenido es microbiológicamente adecuado para su consumo, uso o exportación según la finalidad deseada.

Ahora bien, respecto al contenido de amilosa y amilopectina; se puede decir que ambas son cadenas de glucosa, en el caso de la amilosa cadenas largas entre 200 a 2 000 unidades de glucosa y en el caso de la amilopectina cadenas ramificadas entre 10 000 y 20 000 unidades de glucosa. Como bien indica la literatura, los carbohidratos en forma de glucosa proveen la energía necesaria a las células, tejidos y órganos para llevar a cabo las actividades de la vida diaria, principalmente los almidones y azúcares ya que los almidones se degradan a glucosa. Entonces, la abundancia de amilosa y amilopectina indican de forma

indirecta el aporte calórico del almidón, en este caso el aporte es más bajo que los otros tipos de almidones debido a que la cantidad de amilosa presente en la muestra fue bastante alta.

En general, la abundancia promedio de amilosa en los almidones es del 20 % y de amilopectina del 80 %. Ahora, referente al poder de hinchamiento y temperatura de gelatinización, los almidones con altos contenidos de amilosa como se tuvo en este caso requieren de mayor energía para gelatinizarse debido a que la amilosa posee una gran capacidad para formar puentes de hidrógeno, lo que disminuye su afinidad por el agua y provoca que se requiera de mayor energía para incorporarla en su estructura, lo cual se confirma con los resultados obtenidos en la tabla XVII. Ya que generalmente el rango de la temperatura de gelatinización para los almidones, oscila entre los 65 y 80 °C y para este caso fue de aproximadamente 79 °C.

El rendimiento del almidón fue bastante aceptable, ya que de la totalidad de las semillas que se destinan para su descarte, puede aprovecharse el 12,01 % para obtener el almidón, de acuerdo con la tabla XVIII. Sin embargo, este es un tipo de aprovechamiento ya que también puede obtenerse harina. Se puede decir, que la presente propuesta puede aplicarse para darle un valor agregado a la fruta. Con respecto a la rentabilidad, está bastante aceptable, debido a que el costo total de la obtención del almidón asciende a USD \$ 1,56; considerando que a este valor hay que aplicarle el margen de utilidad que se desee. Actualmente en el mercado los precios de venta por kilogramo de distintos almidones, como de maíz, tapioca y papa son de USD \$ 2,07; USD \$ 2,11 y USD \$ 2,19 respectivamente.

Finalmente, el uso del almidón a nivel industrial es versátil ya que se le pueden dar diversas aplicaciones. El producto como tal, es más aplicable en el

segmento alimenticio debido a que es una materia prima comestible, por dichas razones se realizó la formulación de azúcar glass y de una compota de acuerdo con las tablas XIX y XX. El uso de almidón es muy recurrente en los alimentos, sin embargo, pueden darse nuevas propuestas para la formulación de nuevos productos o mejoras en las fórmulas existentes. Asimismo, en el campo de la cosmética no es muy usual ver una fórmula que contenga almidón. En la actualidad, se reporta el uso de almidón en la formulación de cremas utilizando metilparabeno y propilparabeno como preservante, pero como está de tendencia utilizar productos libres de parabenos, se descontinuaron.

Es por eso que de acuerdo con la tabla XXII, se propuso una formulación de crema corporal utilizando almidón como viscosante y fenoxietanol como preservante, la cual tuvo una apariencia bastante aceptable. Respecto al segmento farmacéutico, se puede utilizar para formulación de talcos de acuerdo con la tabla XXI, en este caso para pies, pero se le puede dar uso en talcos para bebé, entre otros. Es importante mencionar que, para este último segmento, la normativa legal vigente es mucho más estricta que para cosméticos y alimentos. Sin embargo, puede utilizarse debido a que ya se aclaró que cumple con las especificaciones microbiológicas.

Todos los datos obtenidos durante el desarrollo experimental fueron obtenidos a condiciones ambientales de la ciudad capital de Guatemala.

## CONCLUSIONES

1. La composición física del mango de forma experimental fue de 75,68 % de pulpa, 17,19 % cáscara y un 7,13 % semilla en promedio.
2. El almidón obtenido presentó principalmente carbohidratos en su composición química proximal, no presentó proteína y grasas lo cual indica que el proceso de purificado fue efectivo.
3. La humedad del almidón obtenido fue de 11,13 %, la cual es aceptable para su comercialización y uso a nivel industrial y presentó un contenido de cenizas bajo, lo cual indica que el producto tiene un alto contenido de materia orgánica aprovechable.
4. El aporte calórico obtenido fue de 3,55 Cal/g de almidón, lo cual es un valor alto y se debe principalmente a que dicho producto está formado por moléculas de glucosa.
5. La concentración de bisulfito de sodio en la maceración de los cotiledones afectó el color de los cotiledones y también la cantidad emitida de dióxido de azufre residual, siendo la concentración óptima para el macerado de 1 % m/m debido a que a concentraciones mayores afectó la apariencia del cotiledón y concentraciones menor no logra inactivar la actividad enzimática de los mismos.

6. La temperatura óptima de secado del almidón fue de 100 °C en términos organolépticos y sensoriales ponderados, debido a que a mayores temperaturas puede quemarse o se ve afectada levemente en apariencia.
7. Se determinó que tanto el pH como la temperatura de gelatinización variaron de forma inversamente proporcional a la concentración de almidón en solución acuosa.
8. El pH varió de forma no significativa y la temperatura de gelatinización de manera significativa respecto a la concentración de almidón en solución acuosa.
9. La viscosidad dinámica varió de forma directamente proporcional a la concentración de forma significativa y se ajustó fuertemente a modelos lineales debido a que el coeficiente de correlación obtenido fue de 0,9983 bajo el criterio de Pearson de la R crítica.
10. La viscosidad dinámica varió de forma directamente proporcional y el pH de forma inversamente proporcional respecto a la temperatura del almidón. Ambas variaron de forma significativa y se ajustaron débil y fuertemente a modelos lineales debido a que los coeficientes de correlación obtenidos fueron de 0,9937 y 0,9776 respectivamente bajo el criterio de Pearson de la R crítica.
11. El almidón obtenido cumplió con los análisis microbiológicos pertinentes para su obtención, fraccionamiento y venta, de acuerdo con los criterios microbiológicos estipulados por el Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08 “Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de los alimentos”.

12. El almidón obtenido del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins presentó una cantidad mayor de amilosa, con lo que el aporte calórico es menor y la temperatura de gelatinización mayor en contraste con los otros tipos de almidones. Esto debido a que las cadenas de amilosa poseen menos unidades de glucosa y esa variante provoca que se requiera de mayor energía para hinchar los gránulos y consecuentemente gelatinicen.
13. Por cada kilogramo de semilla procesada se lograron recuperar 120,01 gramos de almidón, lo que asciende a un 12,01 % de rendimiento, por lo que supone un beneficio económico significativo en caso de que pueda replicarse a escalas industriales.
14. Los costos de producción del almidón obtenido a partir del cotiledón de la semilla de mango resultan en valores competitivos respecto a aquellos que se manejan en el mercado de almidones nativos.
15. El almidón obtenido fue utilizado para elaborar productos como azúcar *glass*, crema facial, compota y talco para pies.
16. Se elaboró una compota utilizando el almidón obtenido y la pulpa de la fruta, utilizando preservantes de grado alimenticio.
17. Se realizó una nueva propuesta en la formulación de azúcar *glass*, adicionando una pequeña cantidad de almidón para reducir la cantidad de sacarosa molida, utilizándolo para darle una mejor sensación al producto terminado.

18. Fue posible elaborar un producto farmacéutico, como talcos para pies utilizando aceites esenciales y el almidón obtenido.

## RECOMENDACIONES

1. Colocar en maceración los cotiledones extraídos de la semilla con una solución de bisulfito de sodio para inactivar la actividad enzimática, evitar la oxidación y contaminación microbiana.
2. Preparar la solución de bisulfito de sodio para el macerado de los cotiledones a una concentración de 1% m/m para evitar que se oxiden, descompongan o dañen por una concentración superior o menor a la indicada.
3. Secar a 100 °C el almidón obtenido del cotiledón de la semilla de mango para que no se vean afectadas sus propiedades organolépticas y sensoriales.
4. Calentar la mezcla a 80 °C de cada tratamiento durante la caracterización del efecto de la concentración en la viscosidad dinámica del almidón y luego dejar enfriar a temperatura ambiente, debido a que este debe gelatinizarse e hincharse para obtener un valor confiable de viscosidad.
5. Realizar por separado una solución de almidón durante la fabricación de productos cosméticos en caliente para que este gelatinice y finalmente incorporar a la emulsión, debido a que si se coloca con las grasas puede quemarse y si se agrega al final sin gelatinizar, el producto final queda grumoso.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGYEPONG, Japhet y BARIMAH, John. *Physicochemical properties of starches extracted from local cassava varieties with the aid of crude pectolytic enzymes from Saccharomyces cerevisiae (ATCC 52712)*. African Journal of Food Science, 2018. 164 p.
2. ALCÁZAR, Silvia y MELRELES, Angela. *Physicochemical properties, modifications and applications of starches*. Food Science and Technology, 2015. 236 p.
3. ANDRADE, Luan; BARBOSA, Natália y PEREIRA, Joelma. *Extraction and properties of starch from the non-traditional vegetables Yam and Taro*. Polímeros, ciencia y tecnología, 2017. 7 p.
4. ARÉVALO, Alejandra. *Uso del almidón de yuca para la elaboración de alcohol etílico*. Trabajo de graduación de Ingeniera en Alimentos. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, 2011. p. 116.
5. BADUI, Salvador. *Química de los Alimentos*. 4ª ed. México D.F.: Pearson, 2006. ISBN: 970-26-0670-5. 736 p.
6. BENAVENT, Aleixandre. *Procesos de elaboración de alimentos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1996. 560 p.

7. BONNER, James y GALSTON, Arthur. *Principles of plant physiology*. San Francisco: Freeman Co., 1952. ISBN: 0716707012. 499 p
8. BRAVERMAN, J.B.J. *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Barcelona: Omega, 1967. ISBN: 9684260776. 358 p.
9. CHEFTEL, Jean-Claude. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1980. ISBN: 84-200.0444-8. 404 p.
10. COLLAZOS, Carlos y otros. *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, 1996. 72 p.
11. CUEVA, Jaime. *Proyecto de una planta industrial para la producción de almidón de yuca en Cajamarca*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1961. 150 p.
12. DE RAFOLS, Wilfredo. *Aprovechamiento industrial de los productos agrícolas*. Barcelona: Salvat, 1985. ISBN: 38964319. 1016 p.
13. FENNEMA, Owen. *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Barcelona: Reverté S.A., 1982. ISBN: 8429171630. 520 p.
14. FLORÍNDEZ, César y FLORÍNDEZ, George. *Obtención y caracterización físico-química del almidón de almendra de mango (*Mangifera indica L.*) variedad chico rico, para la obtención de talco medicinal*. Trabajo de graduación de Ingeniero Químico. Perú: Universidad Nacional de la Amazonía, Facultad de Ingeniería Química, 2009. p. 95.

15. GONZÁLEZ, Verónica, et al. *Introducción al análisis sensorial*. Mugaridos: SGAPEIO, 2014. 26 p.
16. GUERRERO, Emilia y YÉPEZ, Andrea. *Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de yuca (Manihot esculenta) y zanahoria blanca (Arracacia Xanthorrhiza)*. Trabajo de graduación de Ingeniera en Alimentos. Perú: Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, 2018. p. 55.
17. HÜTTNER, Dianini, et al. *Methods for the Extraction of Roots, Tubers, Pulses, Pseudocereals, and Other Unconventional Starches Sources: A review*. Wiley Online Library, 2020. 13 p.
18. IBAR, Leandro. *Cultivo del Aguacate, Chirimoyo, Mango y Papaya*. Barcelona: AEDOS, 1979. ISBN: 84700332240. 171 p.
19. JIMÉNEZ, Eden y MARTÍNEZ, Silverio. *Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculentum) variedad Guayape*. Trabajo de graduación de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, 2016. p. 116.
20. KERR, Ralph. *Chemistry and industry of starch*. New York: Academic Press, 1950. ISBN: 0124049508. 719 p.
21. KUNDU, Sraboni. *Extraction of starch from different sources: Their modification and evaluation of properties as pharmaceutical Excipient*. Dhaka University Journal of Science, 2011. 266 p.

22. LÓPEZ, Sara y OZAETA, Gabriela. *Extracción del almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos*. Trabajo de graduación de Química Farmacéutica. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2013. p. 100.
23. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN. *Perfil comercial mango*. Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2014. 12 p.
24. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. Alimentos. *Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos*. Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2009. 36 p.
25. MENCHÚ, María y MÉNDEZ, Humberto. *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala: INCAP, 2007. ISBN: 99922-880-2-7. 137 p.
26. MOURA, Henrique, et al. *Extraction and characterization of native starch from black and red rice*. Journal of Agricultural Studies, 2020. 17 p.
27. PEÑA, Elizabeth. *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Llave, Perú*. Trabajo de graduación de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias, 2017. p. 170.

28. PÉREZ, Sebastian. *Almidón presente en mangos puede prevenir cáncer de colon: IPN*. El Universal, 20 de mayo de 2019. 3 p.
29. POTTER, Norman. *La ciencia de los alimentos*. México D.F.: Edutex, 1978. 664 p. ISBN: 84-200-0891-5.
30. RODRÍGUEZ, Laura. *Elaboración de una guía para la selección, entrenamiento y monitoreo de jueces sensoriales para productos de confitería*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Maestría), 2013. 83 p.
31. SAAVEDRA, Jhon. *Obtención y caracterización del almidón procedente de la almendra de mango (Mangifera Indica L.) variedad criolla*. Trabajo de graduación de Ingeniería Agroindustrial. Perú: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, 2000. p. 117.
32. SHAHRIM, Nur'aishah y SARIFUDDIN, Norshahida. (17 de Diciembre de 2017). *Extraction and Characterization of Starch From Mango Seeds*. Journal of Physics: Conference Series, 17 diciembre de 2017. 6 p.
33. SONTHALIA, Manisha. *Production of starch from mango (Mangifera Indica L.) seed Kernel and its characterizarion*. Journal of Technical Research and Applications, 2015. 349 p.
34. TIMBERLAKE, Karen y TIMBERLAKE, William. *Química*. 2ª ed. Naucalpan de Juárez: Pearson, 2008. 752 p. ISBN: 978-970-26-1224-7.

35. TOVAR, Tomas. *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L.) obtenido por diferentes métodos de aislamiento*. Trabajo de graduación de Químico de Alimentos. México: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Instituto de ciencias básicas e ingeniería, 2008. p. 78.
36. VILLALTA, Antonio. *Evaluación de la biodegradabilidad de diversas formulaciones de un bioplástico sintetizado a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (Mangifera Indica L.) a escala laboratorio*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2018. p. 114.
37. WANG, Trevor y BOGRACHEVA, Tanya. *Starch: As simple as A,B,C?*. Journal of Experimental Botany, 1998. 502 p.
38. WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 9ª edición. Naucalpan de Juárez: Pearson, 2012. ISBN: 978-607-32-1417-9. 818 p.
39. WIJAYA, Cinthya. *Isolation and characterization of starch from Limnophila aromatica*. Helyon Journal, 2019. 7 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Muestra de Cálculo

#### Cálculo de la masa de la pulpa.

$$M_p = M_f - (M_c + M_s) \quad (\text{Ecuación Núm. 11})$$

Donde:

$M_p$  = Masa de la pulpa (g).

$M_f$  = Masa de la fruta (g).

$M_c$  = Masa de la cáscara (g).

$M_s$  = Masa de la semilla (g).

Ejemplo: cálculo de la masa de la pulpa para la muestra de mango N.º 1.

$M_f = 407,44 \text{ g}$

$M_c = 66,31 \text{ g}$

$M_s = 26,83 \text{ g}$

$$M_p = 407,44 \text{ g} - (66,31 \text{ g} + 26,83 \text{ g})$$

$$M_p = 407,44 \text{ g} - 93,14 \text{ g}$$

$$M_p = 314,3 \text{ g}$$

Continuación de apéndice 1

**Cálculo del porcentaje de cáscara, semilla y pulpa en el mango.**

$$X_i = \frac{m_i}{M_f} * 100 \quad (\text{Ecuación Núm. 12})$$

Donde:

$X_i$  = porcentaje de cada parte física en el mango (%).

$m_i$  = masa de la parte física del mango (g).

$i$  = parte física de la fruta.

$M_f$  = masa de la fruta (g).

Ejemplo: cálculo de la abundancia de cáscara en la muestra de mango N.º 1.

$i$  = cáscara.

$m_i$  = 66,31 g

$M_f$  = 407,44 g

$$X_i = \frac{66,31 \text{ g}}{407,44 \text{ g}} * 100$$

$$X_i = 0,1627 * 100$$

$$X_i = 16,27 \%$$

Continuación de apéndice 1.

**Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón en función de la masa total del mango.**

$$\% R = \frac{m_a}{m_t} * 100 \quad (\text{Ecuación Núm. 13})$$

Donde:

% R = porcentaje de rendimiento (%).

$m_a$  = masa de recuperada de almidón del cotiledón de la semilla de mango (g).

$m_t$  = masa total de las muestras (g).

Ejemplo: Cálculo del rendimiento obtenido a partir del almidón recuperado respecto a la masa total de las semillas procesadas.

$m_i = 185,12 \text{ g}$

$m_t = 1541,45 \text{ g}$

$$\% R = \frac{185,12 \text{ g}}{1541,45 \text{ g}} * 100$$

$$\% R = 0,1201 * 100$$

$$\% R = 12,01 \%$$

Continuación de apéndice 1.

**Cálculo de la cantidad de amilosa presente en el almidón.**

$$C = 33,815 * ABS - 0,4384 \quad (\text{Ecuación Núm. 14})$$

Donde:

C = Cantidad de amilosa presente en la muestra de almidón (mg).

ABS = Absorbancia.

Ejemplo: cálculo de la cantidad de amilosa presente en la primera muestra de almidón analizado.

ABS = 0,223

$$C = 33,815 * 0,223 - 0,4384$$

$$C = 7,5407 - 0,4384$$

$$C = 7,102 \text{ mg}$$

Continuación de apéndice 1.

**Cálculo de la concentración en porcentaje masa de la amilosa.**

$$Ca = \frac{m_{so}}{m_{st}} * 100 \quad (\text{Ecuación Núm. 15})$$

Dónde:

Ca = concentración en porcentaje masa de la amilosa (% m/m).

M<sub>so</sub> = masa de soluto (mg).

M<sub>st</sub> = masa total de la muestra (mg).

Ejemplo: Cálculo del rendimiento obtenido a partir del almidón recuperado respecto a la masa total de las semillas procesadas.

Ca = 7,102 mg

mt = 20 mg

$$Ca = \frac{7,102 \text{ mg}}{20 \text{ mg}} * 100$$

$$Ca = 0,3551 * 100$$

$$Ca = 35,51 \% \text{ m/m}$$

Continuación de apéndice 1.

**Cálculo de la concentración en porcentaje masa de la amilopectina.**

$$C_{aml} = 100 - C_a \quad (\text{Ecuación Núm. 16})$$

Donde:

$C_{aml}$  = concentración en porcentaje masa de la amilopectina (% m/m).

$C_a$  = concentración en porcentaje masa de la amilosa (% m/m).

Ejemplo: cálculo de la cantidad de amilopectina presente en la primera muestra de almidón analizado.

$C_a = 35,51$  % m/m

$$C_{aml} = 100 - 35,51$$

$$C_{aml} = 64,49 \text{ \% m/m}$$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

## Apéndice 2. Análisis Estadístico

**Tabla XXIII. Análisis de varianza de un factor de la apariencia del almidón en función del tiempo de secado**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	340,0000	113,3333	158,3333		
Columna 2	3	216,6667	72,2222	201,0995		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2 535,1852	1	2 535,1852	14,1066	0,0198	7,7086
Dentro de los grupos	718,8657	4	179,7164			
Total	3 254,0509	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

**Tabla XXIV. Análisis de varianza de un factor del olor del almidón en función del tiempo de secado**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	340,0000	113,3333	158,3333		
Columna 2	3	197,9167	65,9722	18,8079		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3 364,6123	1	3 364,6123	37,9879	0,0035	7,7086
Dentro de los grupos	354,2824	4	88,5706			
Total	3 718,8947	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 2.

**Tabla XXV. Análisis de varianza de un factor de la textura del almidón en función del tiempo de secado**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	340,0000	113,3333	158,3333		
Columna 2	3	220,8333	73,6111	62,2106		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2 366,7824	1	2 366,7824	21,4631	0,0098	7,7086
Dentro de los grupos	441,0880	4	110,2720			
Total	2 807,8704	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

**Tabla XXVI. Análisis de varianza de un factor del color del almidón en función del tiempo de secado**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	340,0000	113,3333	158,3333		
Columna 2	3	206,2500	68,7500	486,1111		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2 981,5104	1	2 981,5104	9,2530	0,0383	7,7086
Dentro de los grupos	1 288,8889	4	322,2222			
Total	4 270,3993	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 2.

Tabla XXVII. **Análisis de varianza de un factor de la viscosidad dinámica en función de la concentración del almidón**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	15	5	4		
Columna 2	3	48 097	16 032	48 313 604		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	385 307 778	1	385 307 778	15,9503	0,0162	7,7086
Dentro de los grupos	96 627 215	4	24 156 804			
Total	481 934 994	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XXVIII. **Análisis de varianza de un factor del pH en función de la concentración del almidón**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	15	5	4		
Columna 2	3	13,2933	4,4311	0,0182		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,4855	1	0,4855	0,2416	0,6488	7,7086
Dentro de los grupos	8,0365	4	2,0091			
Total	8,5219	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 2.

Tabla XXIX. **Análisis de varianza de un factor de la temperatura de gelatinización en función de la concentración del almidón**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	3	15	5	4		
Columna 2	3	237,6667	79,2222	20,2593		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	8 263,4074	1	8 263,4074	681,2580	0,00001	7,7086
Dentro de los grupos	48,5185	4	12,1296			
Total	8 311,9259	5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XXX. **Análisis de varianza de un factor del pH en función de la temperatura del almidón**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	5	350	70	250		
Columna 2	5	31,4800	6,2960	0,0100		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	10 145,4990	1	10 145,4990	81,1608	0,00002	5,3177
Dentro de los grupos	1 000,0399	8	125,0050			
Total	11 145,5390	9				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 2.

Tabla XXXI. **Análisis de varianza de un factor del pH en función de la temperatura del almidón**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	5	225	45	250		
Columna 2	5	100 930	20 186	89 371 285,6		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1 014 149 703	1	1 014 149 703	22,6951	0,0014	5,3177
Dentro de los grupos	357 486 142	8	44 685 767,78			
Total	1 371 635 845	9				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XXXII. **Resumen de datos de la prueba F de Fisher e hipótesis aceptadas**

Variable		F	F crítica	F > Fc	Hipótesis Aceptada
Independiente	Dependiente				
Concentración	Viscosidad dinámica	15,950	7,709	SI	Alternativa
Concentración	pH	0,242	7,709	NO	Nula
Concentración	Temperatura de gelatinización	681,258	7,709	SI	Alternativa
Temperatura	pH	81,161	5,312	SI	Alternativa
Temperatura	Viscosidad dinámica	22,695	5,318	SI	Alternativa

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Apéndice 3. **Datos Calculados**

Tabla XXXIII. **Composición del mango variedad Tommy Atkins promedio y su precisión**

<b>Muestra</b>	<b>Masa fruto (g)</b>	<b>Masa Cáscara (g)</b>	<b>Masa Semilla (g)</b>	<b>Masa Pulpa (g)</b>	<b>Cáscara (%)</b>	<b>Semilla (%)</b>	<b>Pulpa (%)</b>
1	407,44	66,31	26,83	314,30	16,27	6,59	77,14
2	358,28	71,34	26,41	260,53	19,91	7,37	72,72
3	383,08	57,46	29,89	295,73	15,00	7,80	77,20
4	461,82	77,30	37,57	346,95	16,74	8,14	75,13
5	490,00	114,93	33,77	341,30	23,46	6,89	69,65
6	393,98	64,51	29,47	300,00	16,37	7,48	76,15
7	391,94	70,87	30,64	290,43	18,08	7,82	74,10
8	377,25	71,70	23,57	281,98	19,01	6,25	74,75
9	445,51	83,35	31,82	330,34	18,71	7,14	74,15
10	549,96	97,74	39,44	412,78	17,77	7,17	75,06
11	495,05	93,14	34,72	367,19	18,81	7,01	74,17
12	565,28	102,35	35,25	427,68	18,11	6,24	75,66
13	352,60	51,30	29,37	271,93	14,55	8,33	77,12
14	448,07	48,80	26,63	372,64	10,89	5,94	83,17
15	528,69	89,05	33,70	405,94	16,84	6,37	76,78
16	493,02	73,31	29,88	389,83	14,87	6,06	79,07
17	422,70	74,21	33,26	315,23	17,56	7,87	74,58
18	481,33	90,76	35,45	355,12	18,86	7,37	73,78
19	408,35	61,18	31,52	315,65	14,98	7,72	77,30
20	472,25	86,50	29,46	356,29	18,32	6,24	75,45
21	418,86	73,27	33,02	312,57	17,49	7,88	74,62
22	377,55	87,21	35,07	255,27	23,10	9,29	67,61
23	529,27	87,58	25,34	416,35	16,55	4,79	78,66
24	369,91	86,27	34,03	249,61	23,32	9,20	67,48
25	487,12	74,11	22,55	390,46	15,21	4,63	80,16
26	480,98	57,39	35,48	388,11	11,93	7,38	80,69
27	494,66	91,21	35,12	368,33	18,44	7,10	74,46

Continuación de apéndice 3.

<b>Muestra</b>	<b>Masa fruto (g)</b>	<b>Masa Cáscara (g)</b>	<b>Masa Semilla (g)</b>	<b>Masa Pulpa (g)</b>	<b>Cáscara (%)</b>	<b>Semilla (%)</b>	<b>Pulpa (%)</b>
28	431,45	47,12	27,12	357,21	10,92	6,29	82,79
29	456,58	85,30	33,21	338,07	18,68	7,27	74,04
30	366,19	54,31	30,11	281,77	14,83	8,22	76,95
31	459,72	76,81	35,93	346,98	16,71	7,82	75,48
32	412,29	45,86	25,63	340,80	11,12	6,22	82,66
33	459,86	81,32	32,90	345,64	17,68	7,15	75,16
34	382,49	62,74	32,88	286,87	16,40	8,60	75,00
35	378,67	51,85	29,11	297,71	13,69	7,69	78,62
36	409,37	51,63	30,20	327,54	12,61	7,38	80,01
37	449,31	74,28	36,12	338,91	16,53	8,04	75,43
38	472,49	82,44	35,63	354,42	17,45	7,54	75,01
39	379,25	52,87	28,92	297,46	13,94	7,63	78,43
40	488,12	79,35	35,06	373,71	16,26	7,18	76,56
41	518,35	88,12	31,97	398,26	17,00	6,17	76,83
42	452,80	65,27	32,26	355,27	14,41	7,12	78,46
43	406,59	62,86	29,73	314,00	15,46	7,31	77,23
44	425,87	71,38	30,02	324,47	16,76	7,05	76,19
45	521,64	91,73	33,29	396,62	17,58	6,38	76,03
46	433,79	79,52	31,64	322,63	18,33	7,29	74,37
47	403,21	60,03	28,31	314,87	14,89	7,02	78,09
48	475,96	73,80	34,27	367,89	15,51	7,20	77,29
49	359,44	55,91	27,88	275,65	15,55	7,76	76,69
50	398,40	61,16	28,63	308,61	15,35	7,19	77,46
<b>PROMEDIO</b>					<b>17,19</b>	<b>7,13</b>	<b>75,68</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>					<b>3,10</b>	<b>1,08</b>	<b>3,62</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)</b>					<b>18,01</b>	<b>15,10</b>	<b>4,79</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

**Tabla XXXIV. Composición del cotiledón del mango variedad Tommy Atkins promedio en función de la semilla y de la fruta con su respectiva precisión**

<b>Muestra</b>	<b>Masa fruto (g)</b>	<b>Masa Semilla (g)</b>	<b>Masa del Cotiledón (g)</b>	<b>Cotiledón en la semilla (%)</b>	<b>Cotiledón en la fruta (%)</b>
1	407,44	26,83	19,80	73,80	4,86
2	358,28	26,41	19,03	72,06	5,31
3	383,08	29,89	21,98	73,54	5,74
4	461,82	37,57	28,08	74,74	6,08
5	490,00	33,77	24,22	71,72	4,94
6	393,98	29,47	21,95	74,48	5,57
7	391,94	30,64	23,35	76,21	5,96
8	377,25	23,57	15,20	64,49	4,03
9	445,51	31,82	23,01	72,31	5,16
10	549,96	39,44	28,99	73,50	5,27
11	495,05	34,72	23,72	68,32	4,79
12	565,28	35,25	26,42	74,95	4,67
13	352,60	29,37	19,96	67,96	5,66
14	448,07	26,63	14,75	55,39	3,29
15	528,69	33,70	24,88	73,83	4,71
16	493,02	29,88	19,76	66,13	4,01
17	422,70	33,26	23,34	70,17	5,52
18	481,33	35,45	26,72	75,37	5,55
19	408,35	31,52	22,42	71,13	5,49
20	472,25	29,46	22,16	75,22	4,69
21	418,86	33,02	26,38	79,89	6,30
22	377,55	35,07	21,60	61,59	5,72
23	529,27	25,34	18,92	74,66	3,57
24	369,91	34,03	25,22	74,11	6,82
25	487,12	22,55	14,99	66,47	3,08
26	480,98	35,48	25,62	72,21	5,33
27	494,66	35,12	22,73	64,72	4,60

Continuación de apéndice 3.

<b>Muestra</b>	<b>Masa fruto (g)</b>	<b>Masa Semilla (g)</b>	<b>Masa del Cotiledón (g)</b>	<b>Cotiledón en la semilla (%)</b>	<b>Cotiledón en la fruta (%)</b>
28	431,45	27,12	21,89	80,72	5,07
29	456,58	33,21	24,57	73,98	5,38
30	366,19	30,11	24,39	81,00	6,66
31	459,72	35,93	24,52	68,24	5,33
32	412,29	25,63	20,13	78,54	4,88
33	459,86	32,90	26,11	79,36	5,68
34	382,49	32,88	24,65	74,97	6,44
35	378,67	29,11	21,93	75,33	5,79
36	409,37	30,20	22,71	75,20	5,55
37	449,31	36,12	27,69	76,66	6,16
38	472,49	35,63	27,03	75,86	5,72
39	379,25	28,92	19,71	68,15	5,20
40	488,12	35,06	26,62	75,93	5,45
41	518,35	31,97	25,51	79,79	4,92
42	452,80	32,26	23,26	72,10	5,14
43	406,59	29,73	22,91	77,06	5,63
44	425,87	30,02	21,09	70,25	4,95
45	521,64	33,29	23,68	71,13	4,54
46	433,79	31,64	23,71	74,94	5,47
47	403,21	28,31	19,73	69,69	4,89
48	475,96	34,27	21,57	62,94	4,53
49	359,44	27,88	18,93	67,90	5,27
50	398,40	28,63	22,04	76,98	5,53
<b>PROMEDIO</b>				<b>71,82</b>	<b>5,13</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>				<b>5,57</b>	<b>0,90</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)</b>				<b>7,76</b>	<b>1,19</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

Tabla XXXV. **Efecto de la concentración en la viscosidad dinámica del almidón promedio con su respectiva precisión**

Concentración (% m/m)	Repetición	Viscosidad a 30° C (P)	Viscosidad dinámica promedio (P)	Desviación estándar	CV (%)
3	1	87	89,23	1,850	2,07
	2	91			
	3	89			
5	1	162	163,60	1,552	0,95
	2	165			
	3	164			
7	1	229	228,13	1,387	0,61
	2	227			
	3	229			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XXXVI. **Efecto de la concentración en el pH del almidón promedio con su respectiva precisión**

Concentración (% m/m)	Repetición	pH	pH promedio	Desviación estándar	CV (%)
3	1	4,59	4,56	0,025	0,55
	2	4,56			
	3	4,54			
5	1	4,47	4,44	0,031	0,69
	2	4,43			
	3	4,41			
7	1	4,29	4,29	0,015	0,36
	2	4,31			
	3	4,28			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

Tabla XXXVII. **Efecto de la concentración en la temperatura de gelatinización del almidón promedio con su respectiva precisión**

Concentración (%m/m)	Repetición	Temperatura de gelatinización (°C)	Temperatura de gelatinización promedio (°C)	Desviación estándar	CV (%)
3	1	85	83,67	1,528	1,83
	2	82			
	3	84			
5	1	80	79,33	0,577	0,73
	2	79			
	3	79			
7	1	75	74,67	1,528	2,05
	2	76			
	3	73			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XXXVIII. **Abundancia de amilosa y amilopectina promedio en el almidón con su precisión**

Absorbancia	Cantidad de amilosa (mg)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
0,223	7,102	35,51	64,49
0,226	7,204	36,02	63,98
0,221	7,035	35,17	64,83
<b>PROMEDIO</b>		<b>35,57</b>	<b>64,43</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>		<b>0,43</b>	<b>0,43</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)</b>		<b>1,20</b>	<b>0,66</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

Tabla XXXIX. **Efecto de la temperatura en el pH del almidón promedio con su respectiva precisión**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>pH</b>	<b>pH promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>CV (%)</b>
50	1	6,18	6,17	0,012	0,19
	2	6,16			
	3	6,18			
60	1	6,22	6,22	0,006	0,09
	2	6,23			
	3	6,22			
70	1	6,32	6,31	0,015	0,24
	2	6,29			
	3	6,31			
80	1	6,35	6,35	0,006	0,09
	2	6,35			
	3	6,36			
90	1	6,43	6,42	0,021	0,32
	2	6,44			
	3	6,40			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

**Tabla XL. Efecto de la temperatura en la viscosidad dinámica del almidón promedio con su respectiva precisión**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Viscosidad (P)</b>	<b>Viscosidad promedio (P)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>CV (%)</b>
25	1	333,20	335,30	2,524	0,75
	2	338,10			
	3	334,60			
35	1	252,30	250,73	1,716	0,68
	2	251,00			
	3	248,90			
45	1	181,60	182,80	1,375	0,75
	2	184,30			
	3	182,50			
55	1	151,60	150,77	0,907	0,60
	2	149,80			
	3	150,90			
65	1	89.10	89,70	0,600	0,67
	2	90.30			
	3	89.70			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

Tabla XLI. **Valor ponderado promedio del color en función de la temperatura de secado del almidón con su precisión**

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Color</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
100	1	100	85,42	19,82
	2	100		
	3	100		
	4	100		
	5	50		
	6	75		
	7	100		
	8	100		
	9	75		
	10	50		
	11	75		
	12	100		
115	1	75	77,08	16,71
	2	100		
	3	50		
	4	75		
	5	50		
	6	100		
	7	75		
	8	75		
	9	100		
	10	75		
	11	75		
	12	75		

Continuación de apéndice 3.

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Color</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
125	1	0	43,75	30,38
	2	25		
	3	50		
	4	75		
	5	50		
	6	75		
	7	25		
	8	50		
	9	50		
	10	100		
	11	0		
	12	25		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XLII. **Valor ponderado promedio del color en función de la temperatura de secado del almidón con su precisión**

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Olor</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
100	1	50	70,83	17,94
	2	75		
	3	100		
	4	75		
	5	50		
	6	75		
	7	75		
	8	100		
	9	75		
	10	50		
	11	50		
	12	75		

Continuación de apéndice 3.

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Color</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
115	1	50	64,58	22,50
	2	75		
	3	75		
	4	100		
	5	50		
	6	75		
	7	25		
	8	100		
	9	75		
	10	50		
	11	50		
	12	50		
125	1	50	62,50	16,85
	2	50		
	3	50		
	4	100		
	5	75		
	6	50		
	7	50		
	8	75		
	9	75		
	10	75		
	11	50		
	12	50		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

Tabla XLIII. **Valor ponderado promedio de la textura en función de la temperatura de secado del almidón con su precisión**

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Textura</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
100	1	100	79,17	20,87
	2	100		
	3	75		
	4	50		
	5	75		
	6	50		
	7	75		
	8	100		
	9	100		
	10	75		
	11	50		
	12	100		
115	1	100	77,08	24,91
	2	50		
	3	100		
	4	50		
	5	50		
	6	100		
	7	50		
	8	100		
	9	50		
	10	100		
	11	100		
	12	75		

Continuación de apéndice 3.

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Color</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
125	1	75	64,58	24,91
	2	50		
	3	50		
	4	50		
	5	50		
	6	75		
	7	25		
	8	100		
	9	100		
	10	100		
	11	50		
	12	50		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XLIV. **Valor ponderado promedio de la apariencia en función de la temperatura de secado del almidón con su precisión**

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
100	1	100	83,33	24,62
	2	100		
	3	100		
	4	75		
	5	50		
	6	75		
	7	75		
	8	100		
	9	100		
	10	100		
	11	25		
	12	100		

Continuación de apéndice 3.

<b>T Secado (°C)</b>	<b>Repetición</b>	<b>Color</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
115	1	100	77,08	19,82
	2	50		
	3	100		
	4	75		
	5	75		
	6	100		
	7	50		
	8	75		
	9	50		
	10	100		
	11	75		
	12	75		
125	1	75	56,25	18,84
	2	50		
	3	50		
	4	75		
	5	50		
	6	50		
	7	50		
	8	50		
	9	50		
	10	100		
	11	25		
	12	50		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Continuación de apéndice 3.

Tabla XLV. **Rendimiento del almidón obtenido en función de las semillas y de los cotiledones procesados**

Variable	Resultado
Cantidad de Mangos Aprovechados	50,00
Cantidad de Semillas Extraídas	50,00
Masa de las Semillas Extraídas Secas (g)	1 541,45
Masa de los Cotiledones Extraídos (g)	1 139,58
Masa de Almidón Obtenida (g)	185,12
Rendimiento del Almidón (Almidón/Cotiledón)	16,24 %
Rendimiento del Almidón (Almidón/Semilla)	12,01 %

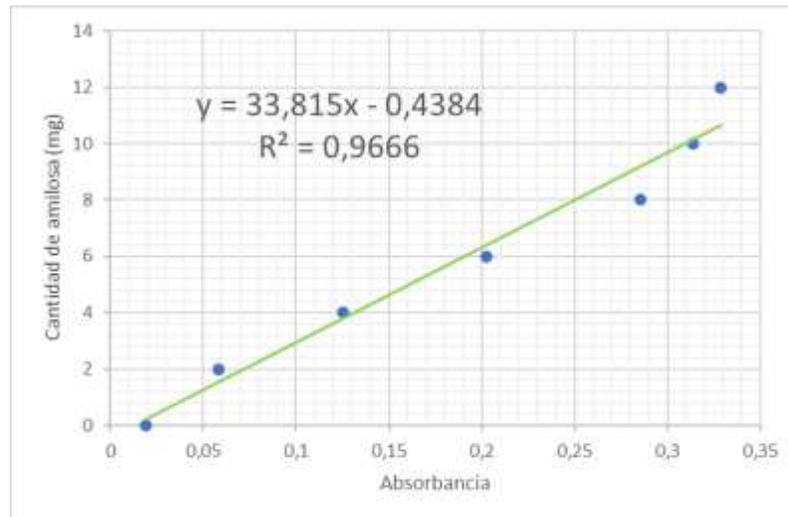
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XLVI. **Costo de producción y fraccionamiento por kilogramo de almidón**

Insumo	Presentación	Costo unitario (Q)	Cantidad utilizada	Costo Ponderado (Q)	Costo Ponderado (USD \$)
Mano Obra Operativa	1 h	1,00	1,00	1,04	0,13
Agua	20 000 L	55,00	6,00	0,02	0,00
Energía Eléctrica	1 h	3,30	1,00	3,25	0,42
Metabisulfito de Sodio	1 kg	15,20	0,01	0,09	0,01
Hexano	3,785 L	160,00	0,08	3,38	0,44
Hidróxido de Sodio	1 kg	13,20	0,01	0,01	0,00
Lugol	1 L	420,00	0,01	2,10	0,27
Alcohol Etilico	3,785 L	50,00	0,05	0,66	0,09
Material de Empaque y etiquetado	unidad	0,40	1,00	0,40	0,05
Análisis FQ	unidad	1,60	1,00	1,56	0,20
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>12,51</b>	<b>1,61</b>

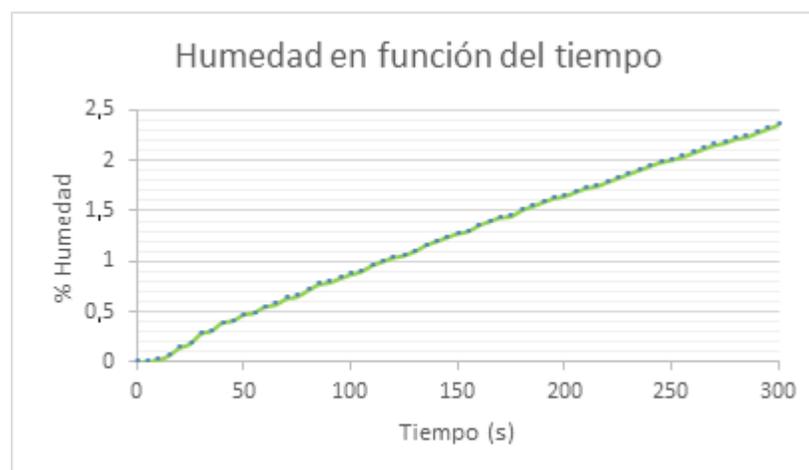
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

**Apéndice 4. Curva de calibración de la cantidad de amilosa presente en el almidón en función de la absorbancia**



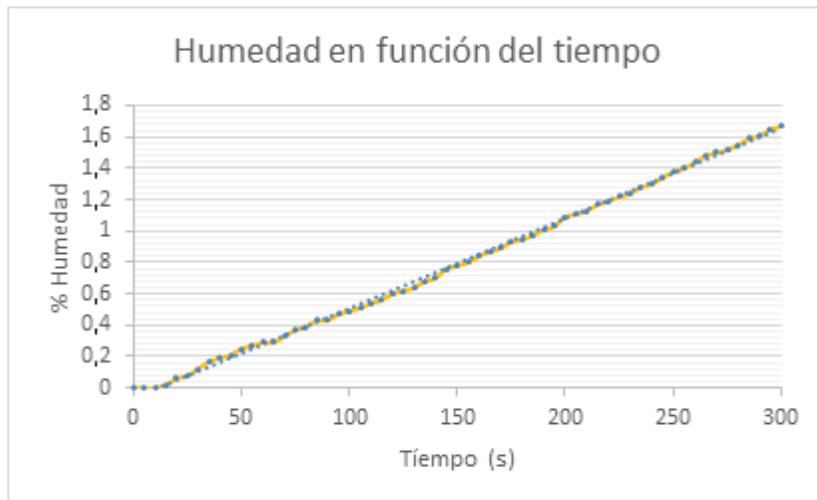
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

**Apéndice 5. Curva de secado del almidón a 100 °C obtenida a partir de la balanza de humedad**



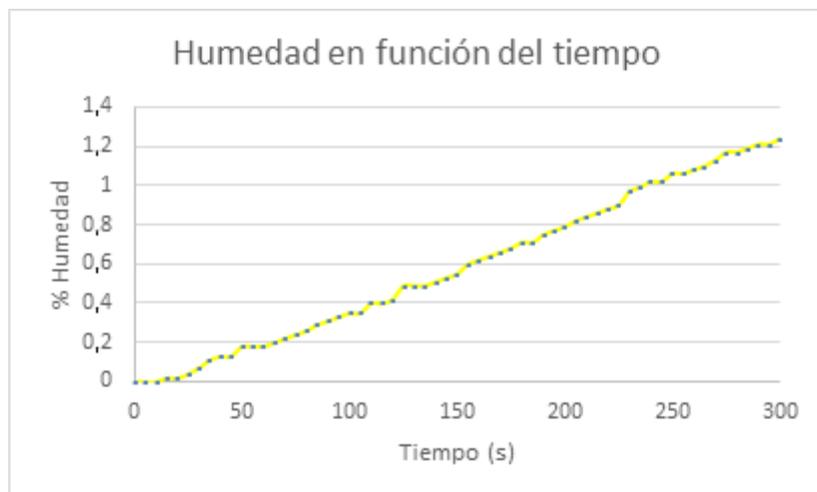
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Apéndice 6. **Curva de secado del almidón a 115 °C obtenida a partir de la balanza de humedad**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Curva de secado del almidón a 125 °C obtenida a partir de la balanza de humedad**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Apéndice 8. **Requisitos Académicos**

<b>INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>Área de Química</b>	Química 4	Estados de la materia
		Análisis Cualitativo	Equilibrio de Solubilidad
		Análisis Cuantitativo	Métodos por Gravimetría
		Química Orgánica 1	Química del Carbono
		Química Orgánica 2	Identificación y Clasificación de los compuestos orgánicos.
		Bioquímica	Carbohidratos.
	<b>Área de Fisicoquímica</b>	Fisicoquímica 1	Viscosimetría
		Fisicoquímica 2	Termodinámica de Mezclas y Coloides
	<b>Área de Operaciones Unitarias</b>	Balance de Masa y Energía (IQ-1)	Procesos y sus variables
		Flujo de Fluidos (IQ-2)	Agitación y Mezclado.
		Transferencia de Calor (IQ-3)	Intercambio de Calor
		Transferencia de Masa en Unidades Continuas (IQ-5)	Secado
	<b>Área Complementaria</b>	Microbiología	Métodos de observación de microorganismos, Hongos y Microbiología de los Alimentos
		Tecnología de los Alimentos	Aditivos Alimentarios
	<b>Ciencias Básicas</b>	Estadística 2	Análisis de Varianza y Pruebas de Aceptación de Hipótesis.
		Técnicas de Estudio	Técnicas y Métodos de Investigación

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

## Apéndice 9. **Árbol de Problemas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Apéndice 10. **Proceso de tratamiento de la fruta**

Enjabonado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Lavado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 10.

### Secado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Pesado del fruto



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 10.

### Pesado de la cáscara



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Pesado de la semilla



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 10.

### Separación del cotiledón de la semilla



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Remoción de la cutícula



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 10.

Pesado del cotiledón



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica  
de Transformaciones del Caribe S.A.

## Apéndice 11. **Obtención del Almidón**

### Pesado de bisulfito de Sodio



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Elaboración de soluciones a distintas concentraciones



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 11.

### Maceración de los cotiledones



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Conclusión de la maceración



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 11.

### Evaluación organoléptica del macerado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Pre-triturado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 11.

### Triturado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Sedimentado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

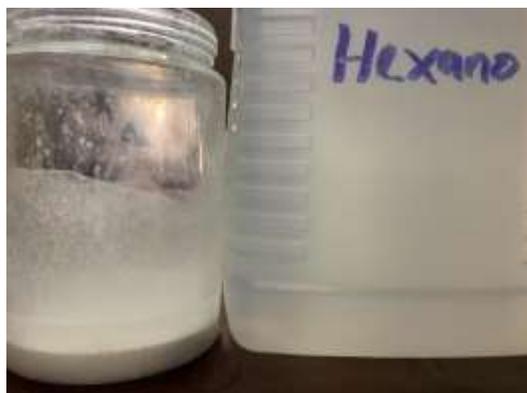
Continuación de apéndice 11.

Resultado del sifonado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Purificado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 11.

### Secado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Almidón seco



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 11.

### Pulverizado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Almidón recuperado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

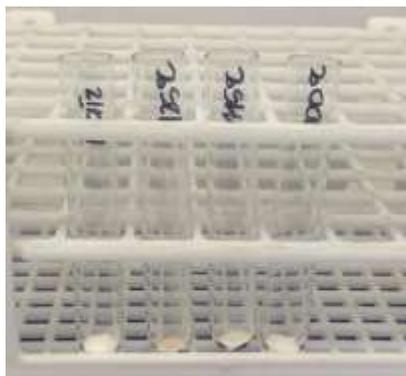
Apéndice 12. **Prueba de identificación del almidón a diferentes temperaturas de secado**

Prueba de identificación de almidón en el cotiledón de la semilla



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

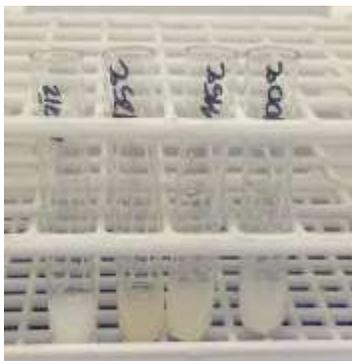
Rotulación de las muestras obtenidas de almidón en cada proceso de secado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

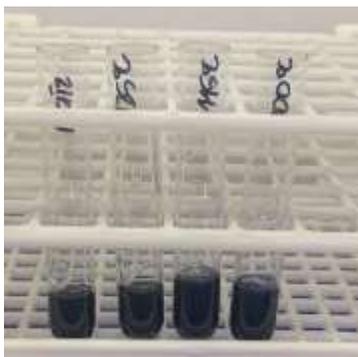
Continuación de apéndice 12.

Preparación de las siluciones previo a realizar la prueba de identificación de almidón para cada muestra obtenido en el proceso de secado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Prueba de identificación de almidón para cada muestra obtenido en el proceso de secado



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Apéndice 13. **Caracterización del Almidón**

Preparación de muestras a distintas concentraciones



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Determinación de la temperatura de gelatinización



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 13.

### Determinación de la viscosidad



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

### Determinación de la temperatura



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Continuación de apéndice 13.

### Determinación del pH



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Apéndice 14. **Panel sensorial del almidón obtenido del cotiledón de la semilla de Mango a distintas temperaturas de secado**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de fisicoquímica de Transformaciones del Caribe S.A.

Apéndice 15. **Evaluación Organoléptica del almidón obtenido del cotiledón de la semilla de Mango a distintas temperaturas de secado**



NOMBRE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

**ANÁLISIS SENSORIAL**  
**ALMIDÓN DEL COTILEDÓN DE LA SEMILLA DE MANGO**  
**VARIABLE A EVALUAR: TIEMPO DE SECADO DE LA MATERIA PRIMA**

INSTRUCCIONES: A continuación, se le brindarán tres muestras distintas de almidón procedente del cotiledón de la semilla de mango variedad Tommy Atkins. Analice cada muestra y marque con una "X" la frase que más se adecúe a la sensación que le de el producto referente al color, olor, textura y aspecto general.

**MUESTRA 1**

COLOR	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

OLOR	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

TEXTURA	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

APARIENCIA	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

**MUESTRA 2**

COLOR	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

OLOR	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Continuación de apéndice 15.



TEXTURA	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

APARIENCIA	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

MUESTRA 3

COLOR	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

COLOR	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

TEXTURA	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

APARIENCIA	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	No me gusta, no me disgusta
<input type="checkbox"/>	Me disgusta ligeramente
<input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho

¿TIENE ALGUNA OTRA OBSERVACIÓN QUE CONSIDERE RELEVANTE? ANÓTELAS

---

---

---

---

¡ MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN !

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Apéndice 16. **Significancia de la correlación de Pearson**

Grados de Libertad	Significancia			
	5 %	2.5 %	1 %	0.5 %
1	0,988	0,997	0,980	0,990
2	0,900	0,950	0,934	0,959
3	0,805	0,878	0,882	0,917
4	0,729	0,811	0,833	0,874
5	0,669	0,754	0,789	0,834
6	0,622	0,707	0,750	0,798
7	0,582	0,666	0,716	0,765
8	0,549	0,632	0,658	0,735
9	0,521	0,602	0,634	0,708
10	0,497	0,576	0,612	0,684
11	0,476	0,553	0,592	0,661
12	0,458	0,532	0,574	0,641
13	0,441	0,514	0,558	0,623
14	0,426	0,497	0,542	0,606
15	0,412	0,482	0,528	0,590
16	0,400	0,468	0,516	0,575
17	0,389	0,456	0,503	0,561
18	0,378	0,444	0,492	0,549
19	0,369	0,433	0,482	0,537
20	0,360	0,423	0,472	0,526
21	0,352	0,413	0,462	0,515
22	0,344	0,404	0,453	0,505
23	0,337	0,396	0,445	0,496
24	0,330	0,388	0,437	0,487
25	0,323	0,381	0,430	0,479

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.



# ANEXOS

## Anexo 1. Certificado de análisis microbiológico del almidón



Laboratorio de Análisis Físicoquímicos  
y Microbiológicos - LAFYM  
Calle 100 No. 41-10001  
Tel. 250-1100  
Email: laboratorio@usac.com

Empresa: DANIEL ARBIZU Fecha de toma de la muestra: 30/04/2021 10:00  
N° de la muestra: 11295 (Prótesis Arroz) Fecha de recepción: 03/05/2021 08:00  
Temperatura: No aplica Número de lote: ALMIDON DEL COTILEDON DE LA SEMILLA DE MANGO TOMMY  
Muestra: ALIMENTO  
Captación: Captado por personal ajeno a LAFYM en un proceso que no es de LAFYM

### ALIMENTOS

ANÁLISIS	RESULTADO
Recuento aeróbico total	25 x 10 <sup>7</sup> UFC/g
Recuento Coliformes Totales	< 3 NMP/g
Recuento Coliformes Fecales	< 3 NMP/g
Asentamiento e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP/g
Asentamiento e identificación de <i>Salmonella</i>	< 30 UFC/g
Asentamiento e identificación de <i>Salmonella</i> spp/5 g	Ausencia
Asentamiento de <i>Mycos y Levaduras</i>	< 10 UFC/g

Muestra de referencia: BARRIOS Capulata S.A.S. 14. 10.

**Conclusión:**  
La muestra recibida y analizada es satisfactoria.

**Normativa utilizada:**  
1) FCg - Unidad Formadora de Colonias por gramo  
2) MPg - Normativa Práctica por gramo

USAC  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
CALLE 100 NO. 41-10001  
TEL. 250-1100  
WWW.USAC.COM

Este Protocolo es información interna y es propiedad de USAC. El título de este protocolo es propiedad de USAC. Reservados todos los derechos.

Fuente: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos – LAFYM, análisis microbiológico, Transformaciones del Caribe S.A.

## Anexo 2. Certificado de análisis proximal del almidón



INLASA, S.A.  
29 Calle 19-11 Zona 12  
Teléfono: 24761795, 24760337  
Fax: 24765349  
Email: servicioalcliente@laboratorioinlasa.com  
www.inlasa.com

Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS

Cliente: **Daniel Gustavo Arbizú Hernández** Fecha Emisión: **26/07/2021**  
Dirección: **Ciudad** Hora Emisión: **11:13:00**  
Fecha Ingreso: **15/07/2021** Res. Muestra: **Cliente/Client**  
Hora Ingreso: **10:47:00** Número Informe: **1** Número Orden: **2021002512**

Muestra: **(195105) Almorós.**

Observaciones: **Almidón obtenido del colledón de la semilla de mango Tommy Atkins.**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	ID	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Carbohidratos totales	84.88	Cm/100g	No Aplica	Carbohidratos por fórmula	15/07/2021
Carbohidratos totales	86.72	%	No Aplica	Carbohidratos PC-FG-005	15/07/2021
Cenizas	0.15	%	0.01	Cenizas PC-FG-09	15/07/2021
Grasa	ND	%	0.1	Grasa PC-FG-10	15/07/2021
Humedad	11.15	%	0.01	Humedad PC-FG-219	15/07/2021
Proteína	ND	%	0.04	Proteína PC-FG-021	15/07/2021

Última línea \*\*

Estos resultados corresponden únicamente a las muestras recibidas por el personal del laboratorio. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización del Director Técnico.

Lic. Raúl Paniagua Méndez  
Químico Biólogo, Colegiado 1347  
Director Técnico INLASA, S.A.

Firmado digitalmente por Raúl Paniagua  
Fecha: 2021.07.27  
08:40:53 -06'00'

Supervizado por:

Firmado digitalmente por Oscar Eben-Alex Cajón  
Fecha: 2021.07.28  
11:16:54 -06'00'



ACREDITADO  
OGA LE-008-05

OGA es sigstaria del MLA de  
IAAC y del MRA de ILAC.

LD: Límite Detección  
NA: No Aplica

LMP: Límite Máximo Permisido  
ND: No Detectable

LMA: Límite Máximo Aceptable

Fuente: INLASA S.A., análisis químico proximal, Transformaciones del Caribe S.A.