

95

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



13 DIC 2012

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE ALMIDÓN PREGELATINIZADO A PARTIR
DEL ALMIDÓN NATIVO DE PITUCA (*Colocasia esculenta*), PROVENIENTE DE LA
LOCALIDAD DE YAMBRASBAMBA, REGIÓN AMAZONAS.**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTOR:

Bach. ALBERTO YALTA VELA

ASESOR:

MSc. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI

CHACHAPOYAS, PERÚ

2012

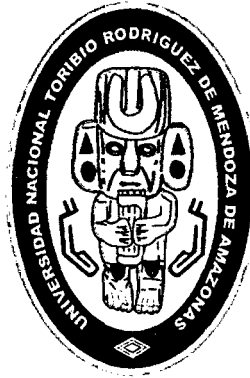
UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL



13 DIC 2012

Evaluación físicoquímica y funcional de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de Pituca (*Colocasia esculenta*), proveniente de la localidad de Yambrashamba, Región Amazonas.

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Autor:

Bach. ALBERTO YALTA VELA

Asesor:

MSc. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI

CHACHAPOYAS – PERÚ

2012

Dedicatoria

Dedico este logro a Dios por ser mi guía y fortaleza, a mis padres, abuelos y hermanos por su permanente apoyo, comprensión, orientación, y por ayudarme a cumplir mi sueño; a Mary por su cariño y oportunas voces de aliento y a todos mis amigos por su incondicional compañía.

Alberto Yalta Vela

AGRADECIMIENTOS

Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa (Mahatma Gandhi)

Al Ing. Armstrong Barnard Fernández Jeri, por su orientación, y valiosa colaboración en el desarrollo de la ejecución de la presente tesis.

A mi familia, a mis padres, abuelos y hermanos, por su ayuda incondicional, porque siempre me han respaldado y animado los desafíos que me he propuesto, a vosotros os debo todo lo que soy.

A Mary, porque siempre estas ahí para apoyarme y escucharme, por tu paciencia y por tu cariño, por quererme tanto y por comprenderme, gracias mi vida, ya sabes que lo eres todo para mí.

A mis compañeros de estudio con quienes he compartido proyectos e ilusiones durante estos años, además de risas y comidas quiero agradecer esa amistad y compañía.

A todo el personal docente y técnicos de los diferentes laboratorios de la UNTRM, por su apoyo y paciencia, durante la parte experimental y análisis realizados en la presente investigación.

A la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial por entregarnos durante estos cinco años los conocimientos y herramientas necesarias para el desarrollo de nuestra carrera profesional.

Y a todas aquellas personas que de una o de otra manera me brindaron su colaboración durante este proyecto de vida....

A todos ustedes mis sinceros agradecimientos, Alberto.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph.D,Dr,Hab. VICENTE MARINO CASTAÑEDA CHÁVEZ
RECTOR**

**Dr. JOSÉ ROBERTO NERVI CHACÓN
VICERECTOR ACADÉMICO**

**Dr. EVER SALOMÉ LÁZARO BAZÁN
VICERECTOR ADMINISTRATIVO**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
Y CIENCIAS AGRARIAS**

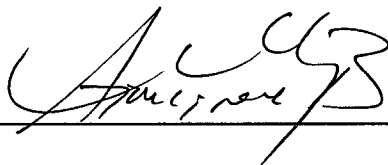
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **“Evaluación físicoquímica y funcional de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de Pituca (*Colocasia esculenta*), proveniente de la localidad de Yambrasbamba, Región Amazonas”**, del tesista egresado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta casa superior de estudios:

- **Bach. ALBERTO YALTA VELA**

El suscrito da el visto bueno al informe de la mencionada tesis, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el jurado evaluador, para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 26 de octubre del 2012



Ms. C. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI

Docente asociado TC

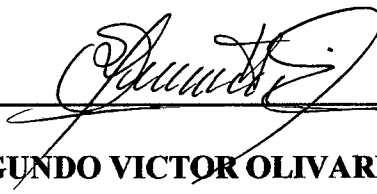
JURADO EVALUADOR



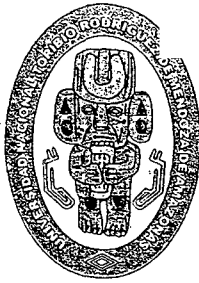
Ing. ERICK ALDO AUQUÍVIN SILVA
PRESIDENTE



MSc. ELENA VICTORIA TORRES MAMANI
SECRETARIO



Ing. SEGUNDO VICTOR OLIVARES MUÑOZ
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 6 de Noviembre del año 2012, siendo las 9:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Erick Aldo Auquinián Silva

Secretario: Elena Victoria Torres Mamani

Vocal: Segundo Víctor Olivares Muñoz

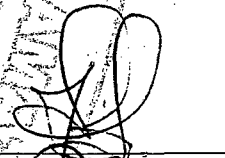
para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller, don(ña) Alberto Yalta Vela

titulado Evaluación fisicoquímica y funcional de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de Pituca (Colombia esculenta), proveniente de la localidad de Yamborasbamba, región Amazonas.

Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACIÓN (), DESAPROBACIÓN () por mayoría (), por unanimidad (); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 10:55 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
Vo Bo DEL ASESOR.....	v
Vo Bo DEL JURADO.....	vi
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	vii
ÍNDICE.....	viii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi

I. INTRODUCCIÓN

1.1. El almidón.....	2
1.1.1. Almidón de pituca.....	2
1.1.2. Composición química del almidón.....	2
1.1.3. Propiedades del almidón.....	4
1.1.3.1. Propiedades funcionales del almidón.....	5
1.1.3.2. Cambios en el almidón producidos por tratamientos hidrotérmicos...	6
1.1.4. Funcionalidad del almidón.....	9
1.1.4.1. Almidón nativo.....	9
1.1.4.2. Almidón modificado.....	9
1.1.4.3. Modificación del almidón.....	10
1.1.4.3.1. Tipos de modificación.....	10
1.1.4.4. Almidones pregelatinizados.....	11

1.2.	Aplicación de los almidones pregelatinizados.....	11
1.3.	Pituca (<i>Colocasia esculenta</i>).....	11
1.3.1.	Origen.....	12
1.3.2.	Producción y distribución.....	12
1.3.3.	Descripción taxonómica.....	13
1.3.4.	Composición química.....	13
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1.	Lugar de ejecución.....	15
2.2.	Materia prima.....	15
2.3.	Procedimiento experimental.....	15
2.3.1.	Extracción del almidón nativo de Pituca.....	15
2.3.2.	Obtención de almidón pregelatinizado.....	18
2.4.	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón pregelatinizado.....	21
2.4.1.	Humedad.....	21
2.4.2.	pH.....	21
2.4.3.	Acidez titulable.....	21
2.4.4.	Fibra total.....	21
2.4.5.	Grasa total.....	21
2.4.6.	Proteína.....	21
2.4.7.	Sólidos totales solubles (°Brix).....	21

2.4.8. Ceniza.....	22
2.4.9. Tiempo de gelatinización.....	22
2.4.10. Temperatura de gelatinización.....	22
2.4.11. Viscosidad.....	22
2.4.12. Sinéresis.....	22
2.4.13. Retrogradación.....	22
2.4.14. Estabilidad a la congelación – deshielo de los geles de almidón.....	22
2.4.15. Capacidad de retención de agua (CRA).....	23
2.4.16. Índice de solubilidad de agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH).....	23
2.5. Análisis estadístico.....	23
III. RESULTADOS	
3.1. Propiedades fisicoquímicas	26
3.2. Propiedades funcionales.....	32
IV. DISCUSIÓN.....	39
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores promedio de la composición química proximal de los cormos de pituca.....	13
Tabla 2. Aminoácidos esenciales de la harina de pituca (g/100).....	14
Tabla 3. Claves de los diferentes tratamientos.....	25
Tabla 4. Interpretación estadística.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Amilosa (A): α -D-glucopiranosas unidas por enlaces α (1,4); (B) conformación helicoidal de la amilosa.....	3
Figura 2. Amilopectina(A): α -D-glucopiranosas unidas por enlaces α (1,4) y ramificación en α (1,6); (B) estructura molecular de la amilopectina.....	4
Figura 3. Perfil de viscosidad del almidón nativo.....	6
Figura 4. Diagrama de flujo de extracción de almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	17
Figura 5. Diagrama de flujo de obtención de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	20
Figura 6. Valores promedio del rendimiento del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	26
Figura 7. Valores promedio de la temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado.....	27
Figura 8. Valores promedio del tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado.....	27
Figura 9. Valores promedio de humedad (%) del almidón pregelatinizado según los tratamientos estudiados.....	28
Figura 10. Valores promedio de pH del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	29
Figura 11. Valores promedio acidez titulable del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	29
Figura 12. Valores promedio de sólidos totales solubles (°Brix) del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	30
Figura 13. Valores promedio de ceniza (%) del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	30
Figura 14. Valores promedio de fibra total, grasa total y proteína total del almidón nativo y almidón pregelatinizado (T4 y T6).....	31

Figura 15.	Valores promedio de viscosidad en función de la temperatura del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos estudiados.....	32
Figura 16.	Sinéresis del almidón pregelatinizado en función del agua perdida en porcentaje.....	34
Figura 17.	Retrogradación del almidón pregelatinizado en formación de cristales y desprendimiento de agua expresada en porcentaje.....	35
Figura 18.	Estabilidad del almidón modificado al congelamiento – deshielo en función de la viscosidad.....	36
Figura 19.	Capacidad de Retención de Agua (CRA), en función del agua perdida expresada en porcentaje.....	37
Figura 20.	Valores promedio del índice de solubilidad de agua de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado.....	38
Figura 21.	Valores promedio del poder de hinchamiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado.....	38
Figura 22.	Balance de materia para la extracción de almidón nativo de <i>Colocasia esculenta</i>	128

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y FUNCIONALES REALIZADOS EN ALMIDONES PREGELATINIZADOS DE <i>Colocasia esculenta</i>.	
Anexo 1.1. Método empleado en la determinación de humedad.....	55
Anexo 1.2. Método empleado en la determinación de pH.....	55
Anexo 1.3. Método empleado en la determinación de acidez titulable.....	55
Anexo 1.4. Método empleado en la determinación de fibra total.....	56
Anexo 1.5. Método empleado en la determinación de grasa total.....	56
Anexo 1.6. Método empleado en la determinación de proteínas.....	57
Anexo 1.7. Método seguido para determinar los Sólidos totales solubles (°Brix)	57
Anexo 1.8. Método empleado en la determinación de ceniza.....	58
Anexo 1.9. Método seguido para determinar el tiempo de gelatinización.....	58
Anexo 1.10. Método utilizado para determinar la temperatura de gelatinización.	58
Anexo 1.11. Método empleado para determinar viscosidad.....	59
Anexo 1.12. Método utilizado para determinar Sinéresis.....	59
Anexo 1.13. Método utilizado para determinar Retrogradación.....	59
Anexo 1.14. Método seguido para determinar la estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón.....	59
Anexo 1.15. Método utilizado para determinar capacidad de retención de agua (CRA).....	60
Anexo 1.16. Método utilizado para determinar el índice de solubilidad de agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH).....	60
ANEXO 2	
Anexo 2.1. Valores del rendimiento del almidón nativo extraído de la pituca expresado en gramos.....	61
Anexo 2.2. Valores promedio del rendimiento del almidón nativo analizados estadísticamente.....	61
Anexo 2.3. Resultado del análisis estadístico del rendimiento del almidón nativo <i>Colocasia esculenta</i>	61

ANEXO 3

- Anexo 3.1.** Valores de humedad del almidón nativo extraído de la pituca (*Colocasia esculenta*) en porcentaje..... 63
- Anexo 3.2.** Valores promedio de humedad del almidón nativo analizados estadísticamente..... 63
- Anexo 3.3.** Resultado del análisis estadístico de humedad del almidón nativo de *Colocasia esculenta*..... 63

ANEXO 4

- Anexo 4.1.** Valores de pH del almidón nativo extraído de la pituca (*Colocasia esculenta*)..... 65
- Anexo 4.2.** Valores promedio de pH del almidón nativo analizados estadísticamente..... 65
- Anexo 4.3.** Resultado del análisis estadístico de pH del almidón nativo de *Colocasia esculenta*..... 65

ANEXO 5

- Anexo 5.1.** Valores de acidez titulable del almidón nativo extraído de la pituca expresado en porcentaje..... 67
- Anexo 5.2.** Valores promedio de acidez titulable del almidón nativo analizada estadísticamente..... 67
- Anexo 5.3.** Resultado del análisis estadístico de acidez titulable del almidón nativo de *Colocasia esculenta*..... 67

ANEXO 6

- Anexo 6.1.** Valores de ceniza del almidón nativo extraído de la pituca expresado en porcentaje..... 69
- Anexo 6.2.** Valores promedio de ceniza del almidón nativo analizados estadísticamente..... 69
- Anexo 6.3.** Resultado del análisis estadístico de ceniza del almidón nativo de *Colocasia esculenta*..... 69

ANEXO 7

- Anexo 7.1.** Valores de fibra total, grasa total y proteína total de los mejores tratamientos expresado en porcentaje..... 71
- Anexo 7.2.** Interpretación estadística utilizando la prueba T - Student para las muestras de Fibra total, grasa total y proteína total..... 71

Anexo 7.3.	Análisis estadístico utilizando la prueba T - Student de los valores promedio de Fibra, grasa y proteína.....	72
ANEXO 8		
Anexo 8.1.	Valores del rendimiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado expresado en porcentaje.....	73
Anexo 8.2.	Valores promedio de rendimiento del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).....	73
Anexo 8.3.	Análisis estadístico del rendimiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado.....	74
ANEXO 9		
Anexo 9.1.	Valores del tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de <i>Colocasia esculenta</i>.....	76
Anexo 9.2.	Valores promedio del tiempo de gelatinización de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente.	76
Anexo 9.3.	Análisis estadístico de tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado.....	77
ANEXO 10		
Anexo 10.1.	Valores de temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de <i>Colocasia esculenta</i>.....	79
Anexo 10.2.	Valores promedio de temperatura de gelatinización de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).....	79
Anexo 10.3.	Análisis estadístico de temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado.....	80
ANEXO 11		
Anexo 11.1.	Valores de humedad del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de <i>Colocasia esculenta</i>.....	82
Anexo 11.2.	Valores promedio de Humedad (%) del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).....	82
Anexo 11.3.	Análisis estadístico de humedad del almidón pregelatinizado.....	83

ANEXO 12

- Anexo 12.1.** Valores de pH del almidón pregelatinizado..... 85
- Anexo 12.2.** Valores de pH del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*..... 85
- Anexo 12.3.** Análisis estadístico de pH del almidón pregelatinizado..... 86

ANEXO 13

- Anexo 13.1.** Valores de acidez titulable del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*..... 88
- Anexo 13.2.** Valores promedio de Acidez titulable del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS)..... 88
- Anexo 13.3.** Análisis estadístico de acidez titulable del almidón pregelatinizado.... 89

ANEXO 14

- Anexo 14.1.** Valores de sólidos totales solubles (°Brix) del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*..... 91
- Anexo 14.2.** Valores promedio de Sólidos totales solubles del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS)..... 91
- Anexo 14.3.** Análisis estadístico de sólidos totales solubles (°Brix) del almidón pregelatinizado..... 92

ANEXO 15

- Anexo 15.1.** Valores de ceniza del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta* en porcentaje..... 94
- Anexo 15.2.** Valores promedio de Ceniza del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS)..... 94
- Anexo 15.3.** Análisis estadístico de ceniza del almidón pregelatinizado..... 95

ANEXO 16

- Anexo 16.1.** Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 50°C..... 97
- Anexo 16.2.** Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 55°C..... 99

Anexo 16.3.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 60°C.....	101
Anexo 16.4.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 65°C.....	104
Anexo 16.5.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 70°C.....	106
Anexo 16.6.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 75°C.....	108
Anexo 16.7.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 80°C.....	111
Anexo 16.8.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 85°C.....	113
Anexo 16.9.	Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 90°C.....	115
ANEXO 17		
Anexo 17.1.	Valores de la sinéresis del almidón pregelatinizado en diferentes días de evaluación.....	118
ANEXO 18		
Anexo 18.1.	Valores de retrogradación en función de la formación de cristales y desprendimiento de agua expresada en porcentaje.....	119
ANEXO 19		
Anexo 19.1.	Valores de la estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón pregelatinizado, en función de la viscosidad.....	120
ANEXO 20		
Anexo 20.1.	Valores de la Capacidad de Retención de Agua del almidón pregelatinizado en función del agua liberada.....	121
ANEXO 21		
Anexo 21.1.	Valores del índice de solubilidad de agua del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de <i>Colocasia esculenta</i> en porcentaje.....	122

Anexo 21.2.	Valores promedio de Índice de solubilidad de agua del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).....	122
Anexo 22.3.	Análisis estadístico del índice de solubilidad de agua del almidón pregelatinizado.....	123
 ANEXO 22		
Anexo 22.1.	Valores del Poder de Hinchamiento del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de <i>Colocasia esculenta</i> en porcentaje.....	125
Anexo 22.2.	Poder de hinchamiento del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).....	125
Anexo 22.3.	Análisis estadístico del Poder de Hinchamiento del almidón pregelatinizado.....	126
 ANEXO 23		
ANEXO 23	BALANCE DE MATERIA.....	128
 ANEXO 24		
ANEXO 24	BENEFICIO / COSTO.....	129
 ANEXO 25		
ANEXO 25	FOTOS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	130

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de *Colocasia esculenta*, proveniente de la localidad de Yambrasbamba, Región Amazonas. La metodología experimental consistió en la recolección de las raíces de pituca, obtención del almidón nativo, y pregelatinización del mismo a diferentes tiempos (12min; 15min; 18min) y diferentes temperaturas (62°C; 65°C; 68°C). El diseño estadístico empleado para el análisis de los resultados fue del tipo Factorial 3Ax3B bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones; evaluándose; humedad, pH, acidez, sólidos totales solubles (°Brix), ceniza, tiempo y temperatura de gelatinización, viscosidad, sinéresis, retrogradación, estabilidad a la congelación – deshielo, capacidad de retención de agua, índice de solubilidad de agua y poder de hinchamiento; para el procesamiento de los datos se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) y STATGRAPHICS 5.0 PLUS (Statistical Graphics System). Se obtuvo que; el menor tiempo de gelatinización fue para el almidón nativo y pregelatinizado de 90s y 72s, respectivamente. La menor temperatura de gelatinización registrada fue a los 68.3°C para el almidón nativo y 64°C en el pregelatinizado. Para el almidón nativo y pregelatinizado se obtuvo pH (5.72; 3.24) y acidez (0.54%; 7.53%); respectivamente, mostrando en el pregelatinizado un medio más acidificado. Los °Brix en el pregelatinizado fue 3.5 a 7.5; respectivamente. El mayor valor de viscosidad que alcanzó el almidón nativo fue de 354.20 cP, y de 3710 cP (T4) para el almidón pregelatinizado. Resaltando el menor porcentaje de Capacidad de Retención de Agua (CRA) en función de agua perdida, Índice de Solubilidad de Agua (ISA) y el Poder de Hinchamiento (PH) fue de 17.5%; 1.23% y 7.71% con la pregelatinización y para el almidón nativo de 67.5%; 11.43% y 7.17%, respectivamente. La pregelatinización ocasiono los cambios notables en las propiedades evaluadas del almidón de pituca.

Palabras clave: Almidón nativo; pregelatinizado, propiedades fisicoquímicas y funcionales, *Colocasia esculenta*.

ABSTRACT

The main objective of the present investigation was to evaluate the physicochemical and functional properties of starch pregelatinized starting from native starch of *Colocasia esculenta* coming from the town of Yambrasbamba - Region Amazons. The experimental methodology consisted on the gathering of the pituca roots, obtaining of the native starch, and pregelatinization from the same one to different times (08min; 10min; 12min) and different temperatures (50°C; 55°C; 60°C). The design statistical employee for the analysis of the results was totally at random of the type Factorial 3Ax3B First Floor a Design (DCA), with three repetitions evaluated; humidity, pH, acid, soluble total solids (°Brix), ash, time and gelatinization temperature, viscosity, sinéresis, retrogradación, stability to the freezing – thaw, capacity of water retention, water solubility index and power of swollen; for the prosecution of the data the statistical packages SPSS 15.0 were used (Statistical Package for Social the Sciences) and STATGRAPHICS 5.0 BONUS (Statistical Graphics System). It was obtained; the smallest time of gelatinization was for the native and pregelatinized starch of 90s, 72s; respectively. The smallest temperature of registered gelatinization went at the 68.3°C for the native starch, 64°C in the pregelatinized. For the native and pregelatinized starch it was obtained pH (5.72; 3.24) and acid (0.54%; 7.53%); respectively; showing in the pregelatinized a half most acidified. The °Brix in the pregelatinized was 3.5 a 7.0; respectively. The biggest value of viscosity that reached the native starch was of 354.20 cP, and of 3710 cP for the pregelatinized starch. Rebounding the smallest percentage of capacity of retention of water (CRA) in function losses water; water solubility index and power of swollen was of 17.5%; 1.23% y 7.71% with the pregelatinization and for the native starch of 67.5%; 11.43% y 7.17%, respectively. The pregelatinized caused the most remarkable changes of pituca starch properties.

Key words: Native starch, pregelatinized, physicochemical and functional properties, *Colocasia esculenta*.

I. INTRODUCCIÓN

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos, puede ser aislado de diversas fuentes vegetales como son cereales, leguminosas, tubérculos, frutas y raíces. Los almidones nativos regulan y estabilizan la textura, poseen propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperatura, pH, presión, etc.) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (Rincón, 2004).

Estas limitaciones presentadas por la forma nativa del almidón se pueden superar modificando su estructura por métodos físicos, enzimáticos y químicos (Fleche, 1985), dando como resultado un almidón modificado. Estos almidones citados generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación, menor sinéresis y aumenta su estabilidad a la congelación-deshielo, solubilidad de agua y factor de hinchamiento.

El almidón pregelatinizado es el modificado más simple que se obtienen a partir de un almidón que sólo ha llegado a gelatinizarse donde se calienta hasta que se forma la pasta y luego se deseca hasta conseguir un polvo fino y seco que se utiliza como ingrediente en industrias que no realizan la gelatinización. Es decir, este almidón ha sido gelatinizado pero no gelificado aquello que no ha formado el gel (Cheftel, 1976).

El presente trabajo se evaluó las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidón pregelatinizado a partir de almidón nativo de pituca (*Colocasia esculenta*), proveniente de la localidad de Yambrasbamba, Región Amazonas.

1.1. El almidón

Es un polisacárido que se sintetiza en la mayoría de las plantas con la finalidad de almacenar energía para las funciones metabólicas. Se produce en diferentes tejidos y órganos de las plantas como: Hojas, tallos, raíces, flores, frutos y semillas; la síntesis del almidón se lleva a cabo durante el desarrollo y maduración de los tejidos, dentro de los plastidios (Buléon et al., 1998; Thomas y Atwell, 1999).

El almidón está constituido esencialmente por una mezcla de polisacáridos conformada por amilosa y la amilopectina, y una fracción minoritaria (de 1% a 2%) de conformación no glucosídica, la mayoría de los almidones en su estructura glucosídica está conformada por 20% de amilosa, y el restante 80% de amilopectina (French, 1984). En el almidón pueden distinguirse dos biopolímeros, la amilosa que es esencialmente lineal y la amilopectina que está altamente ramificada. Estos polímeros a pesar de ser similares molecularmente, difieren ampliamente en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (Thomas y Atwell, 1999). En general, los gránulos de almidón contienen del 75-82% de amilopectina y 18-25% de amilosa, dependiendo de la fuente de la cual se extrae (Bello - Pérez y Paredes-López, 1999; Tester et al., 2004).

1.1.1. Almidón de pituca

La mayoría de estudios realizados en cuanto a la caracterización física y molecular del almidón, se han enfocado en almidones de fuentes convencionales como el maíz, el trigo, la papa y la avena (Fannon y col., 1992); sin embargo, pocos estudios se han realizado en la caracterización de almidones de fuentes no convencionales, en sus posibles aplicaciones prácticas, como el almidón de pituca, raíz ampliamente disponible en varias regiones de Perú y motivo del presente estudio.

1.1.2. Composición química del almidón

Químicamente, el almidón está constituido por dos tipos de polisacáridos similares que varían en su conformación estructural, la amilosa, la cual presenta una estructura lineal debido a los enlaces α -1.4 y la amilopectina, la cual, además de presentar los enlaces α -1.4, presentan una estructura ramificada provista por la presencia de enlaces α -1.6 (Hoseney, 1980).

a) Amilosa

La amilosa está compuesta por D-glucopiranosas unidas mediante enlaces glucosídicos α (1,4) (Figura 1A), haciendo largas cadenas lineales ligeramente ramificadas mediante enlaces glucosídicos α (1,6) (Curá et al., 1995); tiene un Grado de Polimerización (GP) de 324 - 4920 unidades y peso molecular de aproximadamente 1×10^5 - 1×10^6 Da (Tester et al., 2004).

La conformación de la amilosa es helicoidal tridimensional (Figura 1B) en cada vuelta de la hélice hay seis unidades de anhidro glucosa (UAG). El interior de la hélice es lipofílico, mientras que el exterior es hidrofílico, permitiendo la formación de complejos con otros compuestos (Curá et al., 1995). Este polímero, también tiene la capacidad de formar geles; un gel se forma al calentar el almidón en agua. El almidón se solubiliza y la amilosa se reasocia formando una red tridimensional (Hoseney, 1980; Thomas y Atwell, 1999).

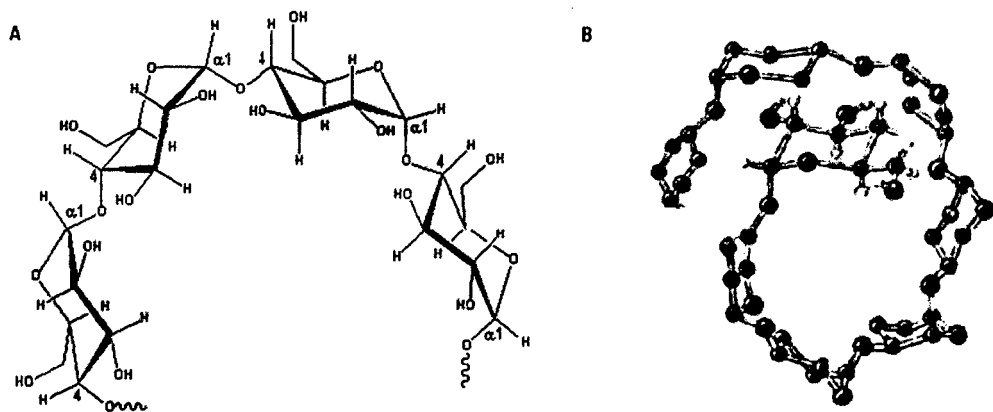


Figura 1. Amilosa (A): α -D-glucopiranosas unidas por enlaces α (1,4); (B) conformación helicoidal de la amilosa propuesta por Myers et al. (2000).

b) Amilopectina

La amilopectina es el componente de mayor proporción en el almidón (Figura 2A), tiene un peso molecular de 10^7 - 10^9 Da; su estructura molecular es similar a un árbol, está formada por D- glucopiranosas unidas en α (1,4) y las ramificaciones en α (1,6) (Buléon et al., 1998; Thomas y Atwell, 1999; Tester et al., 2004).

La organización básica de la amilopectina puede explicarse en tres tipos de cadenas (Figura 2B): cadenas cortas (A), con GP de 14 - 18, enlazadas a través de un extremo reductor; cadenas largas (B) con GP de 45 - 55, se enlaza con una o varias cadenas A o B en grupos hidroxilos primarios; y un extremo reductor (C). Las cadenas A y B forman racimos asociados, responsables de las regiones cristalinas (clúster) y las áreas amorfas contienen enlaces α (1,6) presentándose en intervalos de 0.6 - 0.7nm (Robín et al., 1974; Myers et al., 2000).

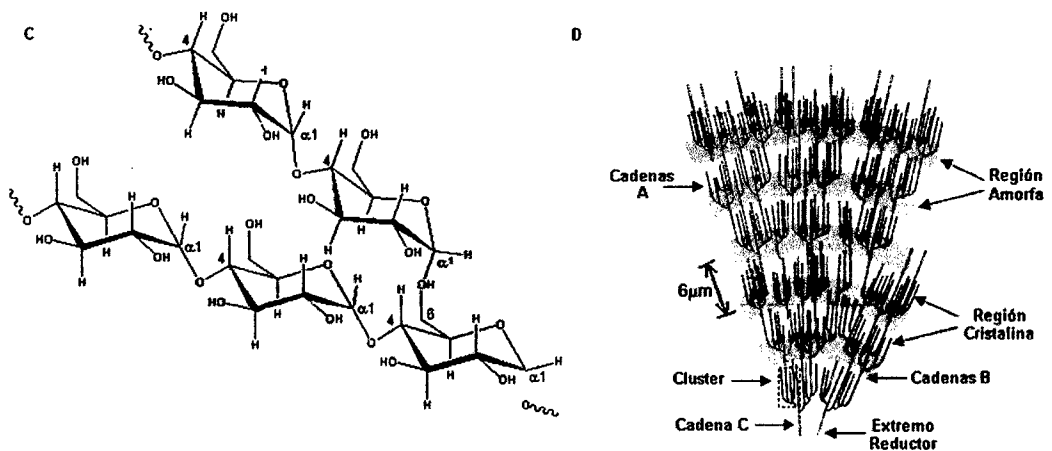


Figura 2. Amilopectina(A): α -D-glucopiranosas unidas por enlaces α (1,4) y ramificación en α (1,6); (B) estructura molecular de la amilopectina propuesta por Myers et al. (2000).

1.1.3. Propiedades del almidón

El almidón es un componente vegetal que además de poseer un bajo costo (debido a su abundancia en la naturaleza y a que se puede obtener de diversas fuentes vegetales), presenta propiedades fisicoquímicas muy interesantes, que lo hacen útil en la modificación de la textura y consistencia de los alimentos, como sustituto de grasa, como agente encapsulante, aglutinante, espesante y sobre todo, presenta la capacidad de formación geles que encuentran interesantes aplicaciones no solo en la industria alimentaria, sino también en la farmacéutica, cosmética e industrial (Bello - Pérez et al., 2006).

1.1.3.1. Propiedades funcionales del almidón

En su conjunto, la amilosa y la amilopectina, le confieren propiedades específicas al gránulo de almidón, que generalmente se consideran para determinar la aplicación de los productos elaborados a partir de este. Algunas propiedades funcionales del almidón son las siguientes:

a) Cristalinidad

El almidón es un material semi - cristalino, con una cristalinidad que se encuentra entre el 25 - 31% dependiendo de la especie vegetal, la amilopectina es el principal componente responsable de la cristalinidad del gránulo de almidón, que es producida por la longitud y el ordenamiento de sus cadenas ramificadas, sin embargo, también depende del porcentaje de amilosa Rindlav- Westling et al., 2002; Ratnayake y Jackson, 2006 (citado por Sánchez, 2007).

b) Solubilidad en agua fría

El almidón es un biopolímero poco soluble debido a que la amilosa y la amilopectina se unen mediante puentes de hidrógeno, formando una estructura compleja, altamente organizada, que presenta una gran estabilidad a las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes, su solubilidad depende de la cantidad disponible de éstos polímeros en el medio (Singh y Singh, 2003; Kaur et al., 2007), estudiaron el efecto que tiene la agitación mecánica en las características fisicoquímicas y estructurales del almidón, encontrando que a mayor tiempo de agitación mecánica, el almidón es más soluble en agua fría, debido a la disminución de las zonas cristalinas, permitiendo que mayor cantidad de agua interacciona con el gránulo.

c) Poder de hinchamiento

El poder de hinchamiento de los gránulos de almidón está relacionado directamente con el tamaño y el contenido de amilosa y amilopectina. Cuando los gránulos de almidón se sumergen en agua, las moléculas de agua se difunden, al interior del gránulo por lo que se hincha y cuando

se calienta, se incrementa el volumen llegando el almidón a perder su cristalinidad y la amilosa puede ser lixiviada notablemente formando así un gel (Russo et al., 2007; Mira et al., 2007; citado por Sánchez, 2007). Cuanto más alto es el contenido de amilosa, más bajo es el poder de hinchamiento y menor es la fuerza del gel para la misma concentración de almidón (Thomas y Atwell, 1999; Ao y Jane, 2007; citado por Rivas 2006).

1.1.3.2. Cambios en el almidón producidos por tratamientos hidrotérmicos

a) Gelatinización

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría sin embargo, cuando la suspensión se calienta empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas amorfas (amilosa), que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógenos no son tan numerosos, ni rígidos (amilopectina), (Whistler y BeMiller, 1999; Pate y Seetharaman, 2006; Singh y Singh, 2007); citado por Sánchez 2007). En la Figura 3, se presenta el perfil característico de un almidón nativo, a medida que se incrementa la temperatura, se retiene mayor cantidad de agua y el gránulo empieza a hincharse, aumentando su volumen, una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, los gránulos pierden su estructura cristalina, hasta que se destruyen irreversiblemente.

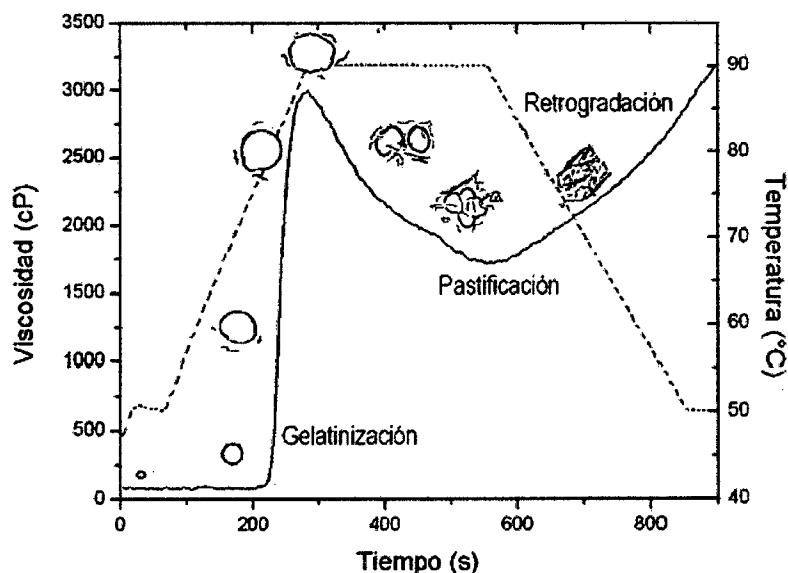


Figura 3. Perfil de viscosidad del almidón nativo.

La temperatura de gelatinización depende de varios aspectos como es el porcentaje de amilosa, la forma del gránulo y el tamaño, por lo que cada almidón tiene un intervalo de gelatinización diferente (Myllarinen y col, 2002).

b) Retrogradación

Este fenómeno se define como la insolubilización y precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa. La retrogradación es la realineación de las moléculas, principalmente de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente e interaccionan entre sí, por múltiples interacciones de sus grupos hidroxilos, mediante puentes de hidrógeno Morris, 1990; Biliaderis, 1991; Mira et al., 2007 (citado por Sánchez 2007).

En términos generales la retrogradación depende de la concentración y de la temperatura del sistema, la firmeza del gel aumenta y se favorece a bajas temperaturas, debido a la asociación de cadenas de amilopectina en el almidón (Singh et al., 2007; Karim et al., 2000; Morris, 1990).

c) Sinéresis

Cuando el almidón ha pasado por los cambios antes descritos se puede presentar, a bajas temperaturas, un fenómeno que se conoce como sinéresis, donde el gel pierde agua mediante la formación de capas superficiales sobre el gel, debido a que las moléculas de amilosa y amilopectina se asocian entre ellas, desplazando al agua contenida en el gel (Whistler y BeMiller, 1999; citado por Sánchez, 2007); este fenómeno se acentúa con el tiempo. La sinéresis se favorece con tratamientos extremos como el congelamiento del gel (Lee et al., 2002; Kweon et al., 1997; citado por Sánchez, 2007).

d) Estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón

Bello y col, (2002) estudiaron que la estabilidad al congelamiento – deshielo de los almidones es afectada por los ciclos de congelación –

descongelación, este fenómeno se puede evitar con la modificación física de los almidones nativos, debido que se genera una despolimerización de las moléculas de amilosa y amilopectina produciendo moléculas más lineales, presentándose un fenómeno de agregación gradual de las cadenas lineales formando una malla que disminuye la cantidad de agua separada.

e) Capacidad de Retención de Agua (CRA)

En general los valores de capacidad de retención de agua en los almidones aumentan con el incremento de temperatura. Este comportamiento puede ser atribuido a la diferencia en la relación amilosa/amilopectina, así como también a la diferencia en la distribución en la longitud de la cadena como fue reportado en otros almidones (Bello - Pérez et al., 1998).

f) Viscosidad

Las determinaciones de viscosidad se usan para medir el grado de fragmentación de los gránulos de almidón y la severidad del tratamiento (Colona et al., 1987). La red parcialmente degradada del gránulo puede ser resistente al tratamiento y por ende se infiere que no es capaz de mantener la integridad del gránulo de almidón, de tal manera que se produce una viscosidad menor. Cuando se enfrían las pastas, el aumento en viscosidad es una propiedad de la tendencia a la reasociación de las moléculas de almidón. Este fenómeno es determinado en gran parte por la afinidad de los grupos oxidrilos de una molécula a otra (Badui, 1999).

Los almidones modificados, siendo sujetos a reordenamiento y al cambio de configuración, son menos propensos a tal reasociación. La introducción de los grupos funcionales para sustituir los grupos oxidrilos, agrupan la formación de los límites de tales fuerzas obligatorias (Tovar, 1996).

1.1.4. Funcionalidad del almidón

1.1.4.1. Almidón nativo

Se les denomina así, porque son almidones que no han sufrido ningún proceso de modificación química durante su obtención. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes; sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a ciertas condiciones del proceso (temperatura, pH y presión), reduciendo su uso en otras aplicaciones industriales, por la baja resistencia al corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y la sinéresis (Rincón, 2004).

1.1.4.2. Almidón modificado

Los almidones modificados son sustancias obtenidas por uno o más tratamientos físicos, químicos o enzimáticos de almidones comestibles, que pueden ser diluidos o blanqueados con ácidos o bases. El almidón modificado se emplea como un aditivo alimenticio; es preparado tratando almidón o gránulos del almidón, haciendo el almidón ser degradado parcialmente (Bello y Pérez, 2002).

Los almidones modificados también pueden considerarse dentro en un grupo de productos alimenticios que se denomina PAI (Productos Alimentarios Intermedios), también conocidos como PIA (Productos Intermedios Agroindustriales) y no son más que aquellos productos comestibles, no necesariamente nutritivos, que no son materias primas básicas de los alimentos industrializados (carne, leche, fruta, huevos), ni se consumen directamente, sino que proceden de transformaciones de aquellas materias primas básicas a fin de adaptarlas mejor a la aplicación industrial, facilitando la elaboración industrial de los alimentos. El almidón modificado más simple es el pregelatinizado, aplicado a productos instantáneos en los que se desea una hidratación rápida (Badui, 1999). Se denomina almidón modificado al almidón que ha sufrido una alteración en sus características físicas o químicas con la finalidad de mejorar sus propiedades funcionales (Singh et al., 2005).

El término “derivado de almidón” incluye a aquellas modificaciones que cambian la estructura química de algunas de las unidades α -D-glucopiranosil (unidad de anhidro glucosa, UAG) en las moléculas del almidón nativo (Rutenberg y Solarek, 1984).

1.1.4.3. Modificación del almidón

Los almidones nativos de diferentes fuentes de obtención tienen propiedades únicas. Existen dos razones importantes para modificar el almidón.

1. Los almidones nativos carecen de algunas propiedades funcionales que pueden proporcionar los almidones modificados.
2. Los almidones modificados pueden mejorar la textura, la consistencia de algunos productos alimenticios y farmacéuticos.

1.1.4.3.1. Tipos de modificación

Los gránulos de almidón pueden ser modificados por reacciones químicas (generalmente por adición de álcali), por genética y mediante modificaciones físicas (BeMiller, 1997).

En la actualidad, los medios de modificación practicados en el almidón son:

i. Modificación química

a) Derivatización

- ❖ Eterificación y esterificación
- ❖ Entrecruzamiento

b) Hidrólisis acida

c) Dextrinización

d) Oxidación

e) Hidrólisis

ii. Genética

a) Almidón ceroso

b) Almidón alto en amilasa

iii. Modificación física

a) Gelatinización

b) Preparación del almidón en agua soluble

La modificación física ha cobrado gran interés en la producción de almidones pregelatinizados o instantáneos, la preparación de productos nutracéuticos y otros mas.

1.1.4.4. Almidones pregelatinizados

El almidón nativo puede modificarse por medios físicos y con la finalidad de convertirlos en almidón pregelatinizado. Estos almidones modificados a nivel industrial son llamados pregeles o almidones instantáneos. Actualmente, estos almidones son muy usados en las diferentes industrias por las propiedades que pueden proveer a productos alimenticios y farmacéuticos, mejorando las propiedades de viscosidad y textura.

1.2. Aplicación de los almidones pregelatinizados

Los almidones pregelatinizados tienen la propiedad de que pueden dispersarse en agua fría sin necesidad de someterlo a cocción. Pueden usarse como aditivos estabilizantes, retenedores de humedad y espesantes (Martínez et al., 2005). En la industria farmacéutica se usan para diluir, para aglutinar, lubricar o desintegrar diversos productos sólidos, por otro lado pueden utilizarse como un polímero de alta viscosidad, como vehículo de sustancias pastosas, en la elaboración de cremas y lociones de uso dermatológico. En la industria de alimentos los almidones pregelatinizados son utilizados en la elaboración de alimentos infantiles, en la producción de sopas y atoles instantáneos, en productos de relleno como en productos de repostería, en la elaboración de polvos finos, compactos, nutritivos y tabletas (Balagopalan et al., 1988).

1.3. Pituca (*Colocasia esculenta*)

La Pituca es una planta herbácea suculenta que alcanza de 1 - 2m de altura, produce cormo (por comunidad solo se considera así a la raíz libre de tallo y hojas) central comestible, grande, esférico, elipsoidal o cónico, el color de la pulpa es por lo generalmente blanco pero puede presentarse clones colorados hasta llegar a morado (Morín, 1983).

El cormo de la pituca se divide en la zona cortical y el cilindro central, donde la primera es angosta, de apariencia compacta, está formado por parénquima de células isodiamétricas con alto contenido de almidón. En el cilindro central el tejido básico es parénquima, pero de células mas irregulares y con paredes delgadas, constituidas principalmente por almidón (León, 1987).

1.3.1. Origen

Colocasia esculenta es una planta de origen Asiático introducida en las islas de Korea y Japón, distribuida en América tropical y sub tropical, requiere de altas precipitaciones de 1800 a 2500 mm (ceja de selva), con temperaturas entre 25°C y 35°C y buena luminosidad. Algunas variedades de pituca crecen en suelos donde el agua es suministrada por irrigación (cultivos secos); mientras que otras crecen bajo agua, requiere aproximadamente 7 meses para madurar, pudiéndose cultivar todo el año. (Morín, 1983). La pituca es una de las materias primas poco utilizadas, tiene una composición alrededor de 27% de almidón. Posee tamaños de granulo entre 1-6.5 micras, cualidad que la hace un almidón de calidad, pues mientras más pequeño sea el tamaño de los gránulos de almidón, mayor será su digestibilidad (Núñez, 1989). En el Perú a esta raíz se le conoce como “Pituca o Bituca” variando en algunos departamentos como “Aratrima” en Huánuco. Taro en Moyobamba, “Michutsi”, en lugares de selva alta, “Witina” en el bajo Amazonas. Otros lugares del mundo toma nombres diferentes, Malanga (Puerto rico), Taro (Tahitiano), Cará (Brasil) y Ñame (Costa Rica) es considerada una de las especies de raíces y tubérculos con gran potencial en las zonas tropicales (Núñez, 1989).

1.3.2. Producción y distribución

Se cultiva y se usa en la Ceja de Selva. En Cajamarca, se cultiva y es alimento importante en Cutervo (San Andrés, Sto. Tomas), Jaén, San Ignacio. La población de Cajamarca demanda en su dieta diaria, la producción de raíces y tubérculos, donde es un cultivo cuyo cormos y cormelos son consumidos en diversas maneras por ser rica en carbohidratos, grasas y aminoácidos, además del valor nutricional estos cultivos generan

recursos económicos a los pobladores y principalmente al ser vendido en el mercado interno y externo en poca cantidad.

1.3.3. Descripción taxonómica

Según Morín (1983); tiene la siguiente clasificación botánica.

Tipo	: Angiospermeae
Clase	: Monocotiledóneas
Orden	: Aroideas
Familia	: Aráceae
Género	: <i>Colocasia</i>
Especie	: <i>Colocasia esculenta</i>
Nombre común	: Pituca, Vituca, Taro, Malanga, etc.

1.3.4. Composición química

La pituca es un alimento es escaso en proteína y grasa. Su mayor valor alimenticio esta en su contenido de carbohidratos y nutritivamente frente a la yuca, papa y cereales la pituca resulta de mayor valor alimenticio (Morín, 1983).

Tabla 1: Valores promedio de la composición química proximal de los cormos de pituca.

Componentes	% Base húmeda	% Base seca
Humedad	74.3	---
Proteína	1.5	5.8
Grasa	0.6	2.3
Fibra	0.9	3.5
Ceniza	1.2	4.7
Carbohidratos	21.5	83.7
Otros análisis		
Almidón (g/100gm.s)	---	73.8
Acido oxálico g/100gm.s)	---	15.6
Carbohidratos		
Almidón		77.0
Azúcares reductores		0.1

Fuente. Morín (1983)

Tabla 2: Aminoácidos esenciales de la harina de pituca (g/100).

Aminoácidos	H. Pituca
Isoleucina	0.310
Leucina	0.910
Lisina	0.390
Metionina	0.110
Cistina	1
Fenilalanina	0.470
Tirosina	0.310
Treonina	0.460
Triptófano	-
Valina	0.580

Fuente. Amos (1969)

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de pituca (*Colocasia esculenta*), proveniente de la localidad de Yambrasbamba, Región Amazonas.
- Evaluar el tiempo y temperatura durante el proceso de obtención de almidón pregelatinizado.
- Conocer las propiedades fisicoquímicas, funcionales y de viscosidad del almidón pregelatinizado.
- Conocer los parámetros del proceso para la obtención de almidón pregelatinizado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de Tecnología Agroindustrial y Biología de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, provincia de Chachapoyas.

2.2. Materia prima

Como materia prima de investigación se utilizó *Colocasia esculenta* "Pituca", la cual fue obtenida de la localidad de Yambrasbamba región Amazonas; para la selección se tomó en cuenta la edad fisiológica de la planta (07 meses).

2.3. Procedimiento experimental

2.3.1. Extracción del almidón nativo de Pituca

La metodología experimental siguió las etapas mostradas en el diagrama de flujo de extracción de almidón nativo.

En la Figura 4 se presenta el diagrama de flujo de extracción de almidón nativo de Pituca y sus etapas se describen a continuación:

- a) **Recepción de la materia prima:** Se recibió la pituca en buen estado proveniente de los campos de cultivo.
- b) **Selección y clasificación:** Se seleccionaron y clasificaron las raíces que presentaron las mejores condiciones. La materia prima que no era apta se eliminó de forma inmediata, para evitar la contaminación de la materia prima de buena calidad.
- c) **Lavado:** Se utilizó abundante agua para eliminar sustancias solubles y restos de tierra para garantizar la inocuidad de la materia prima y su comportamiento en las diversas etapas del proceso.
- d) **Pesado:** Se pesó la pituca en una balanza de reloj cuya capacidad fue de 10kg, donde permitió llevar un control de rendimiento durante todo el procesamiento, para conocer y evaluar el peso real de la muestra y del producto.

- e) **Pelado:** Se realizó de forma mecánica con un cuchillo de acero inoxidable para eliminar la cascara y las impurezas que han quedado después del lavado.
- f) **Troceado:** Con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, se cortó en trozos de 2 a 3 cm aproximadamente que facilite el posterior licuado.
- g) **Licuado:** Se realizó con la ayuda de la licuadora industrial, en ella se colocó y se licuó hasta obtener partículas más finas.
- h) **Filtrado:** Se realizó el filtrado con filtros de tela, para separar el sólido (afrecho) del almidón presente en la solución.
- i) **Sedimentación:** La lechada de pituca salida del filtrado, que contiene almidón, fibra fina y material proteico en suspensión, se dejó en baldes de plástico por 72 horas, donde se llevó a cabo la sedimentación del almidón realizado a temperatura ambiente para facilitar el precipitado.
- j) **Secado:** El secado del precipitado se realizó en una estufa a una temperatura de 55 °C por un tiempo de 48 horas, con una humedad entre 6 a 8%.
- k) **Molienda:** El almidón nativo seco se sometió a un proceso de molido en un mortero de porcelana hasta la pulverización total, donde las operaciones de secado y molienda, antes descritos, se realizó en forma continua.
- l) **Tamizado:** Se realizó en un tamiz N° 50, para el descenso del almidón, con la finalidad de tener partículas homogéneas y de mismo tamaño, que asegura la extracción en forma limpia y nítida del almidón nativo.
- m) **Envasado:** El almidón nativo fue envasado y sellado en bolsas de polietileno con la finalidad de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su uso.

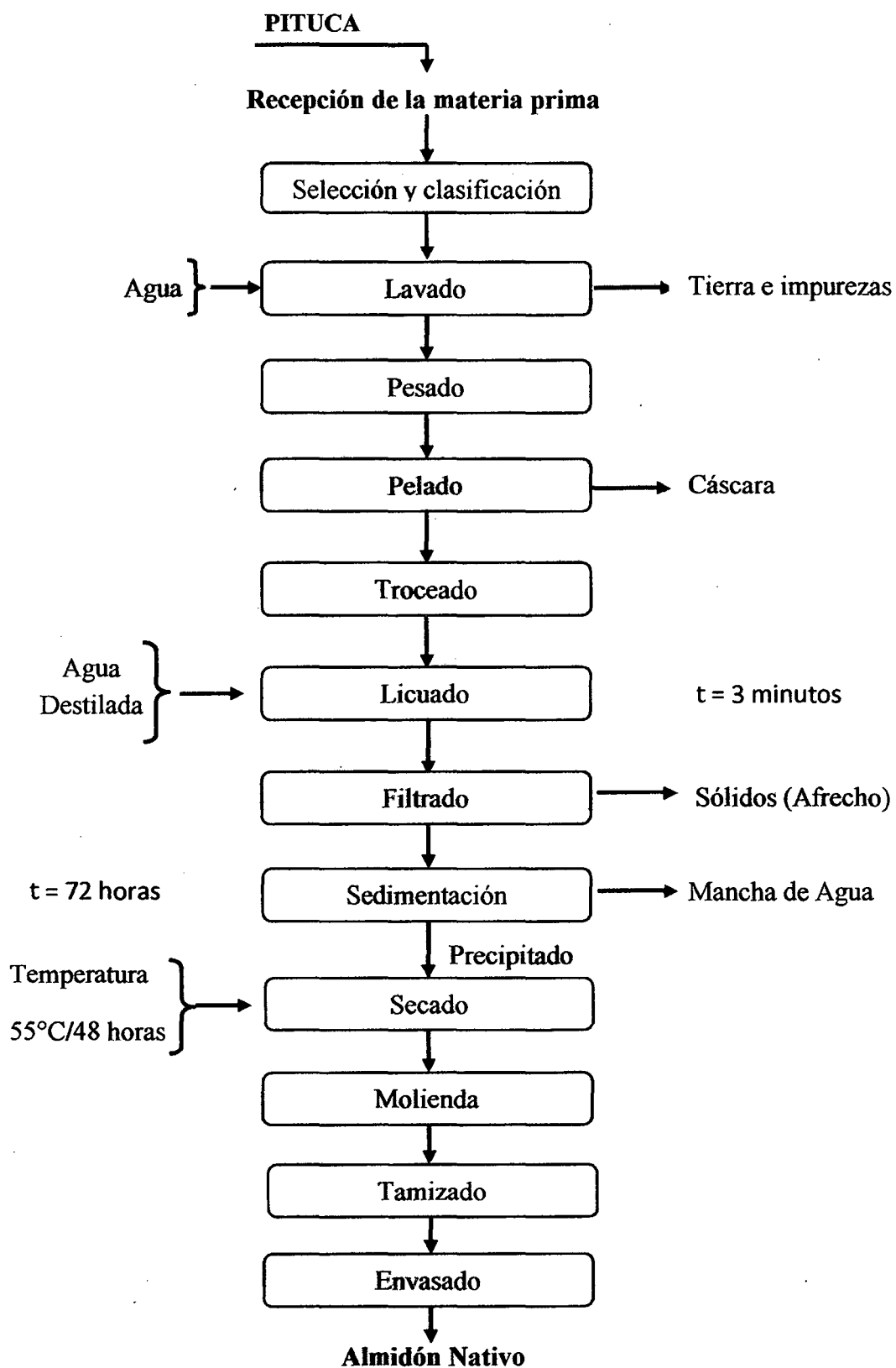


Figura 4. Diagrama de flujo de extracción de almidón nativo de *Colocasia esculenta*.

Fuente. Elaboración propia

2.3.2. Obtención de almidón pregelatinizado

La metodología experimental se siguió las etapas mostradas en el diagrama de flujo de obtención de almidón pregelatinizado.

En la Figura 5 se presenta el diagrama de flujo de obtención de almidón pregelatinizado de Pituca y sus etapas se describen a continuación.

- a) **Dilución:** Se realizó con la finalidad de obtener una suspensión uniforme de almidón nativo al 10 % en agua (10g de almidón seco, con 100ml de agua destilada).
- b) **Acidificación:** Se adicionó ácido cítrico (0.5%) para acelerar el proceso y obtener un almidón pregelatinizado más soluble y de esta manera hacerlo menos susceptible al ataque de microorganismos, ya que en medios ácidos estos no pueden desarrollarse.
- c) **Agitación:** La agitación se realizó por medio de un agitador magnético al almidón nativo acidificado, que se mantiene en agitación constante durante todo el proceso para evitar la deshidratación del gel.
- d) **Calentamiento:** Se sometió a calentamiento en baño maría, a diferentes tiempos, a la temperatura en la que inicia su transición vítrea de 62 ° C para el almidón nativo de pituca.
- e) **Enfriamiento:** Se dejó enfriar a temperatura ambiente para facilitar la siguiente operación.
- f) **Secado:** Se realizó en la estufa del laboratorio de tecnología, controlando la temperatura, y el tiempo suficiente para secar totalmente, se obtuvo almidón pregelatinizado, con un contenido de humedad inferior al 7.5 %, durante un tiempo de 16 horas a una temperatura de 56°C, para evitar el crecimiento de microorganismos.

- n) Molienda:** El almidón pregelatinizado seco se sometió a un proceso de molido en un molino de metal hasta la pulverización total, donde las operaciones de secado y molienda, antes descritos, se realizó en forma continua para evitar la absorción de humedad.

- g) Tamizado:** Se realizó en un tamiz N° 50, para el descenso del almidón, con la finalidad de tener partículas homogéneas y de mismo tamaño, que aseguren la extracción en forma limpia y nítida del almidón pregelatinizado.

- h) Envasado:** El almidón pregelatinizado seco se colocó en frascos de vidrio totalmente esterilizados de manera rápida para mantener el grado de humedad inferior al 8%, con la finalidad de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su uso.

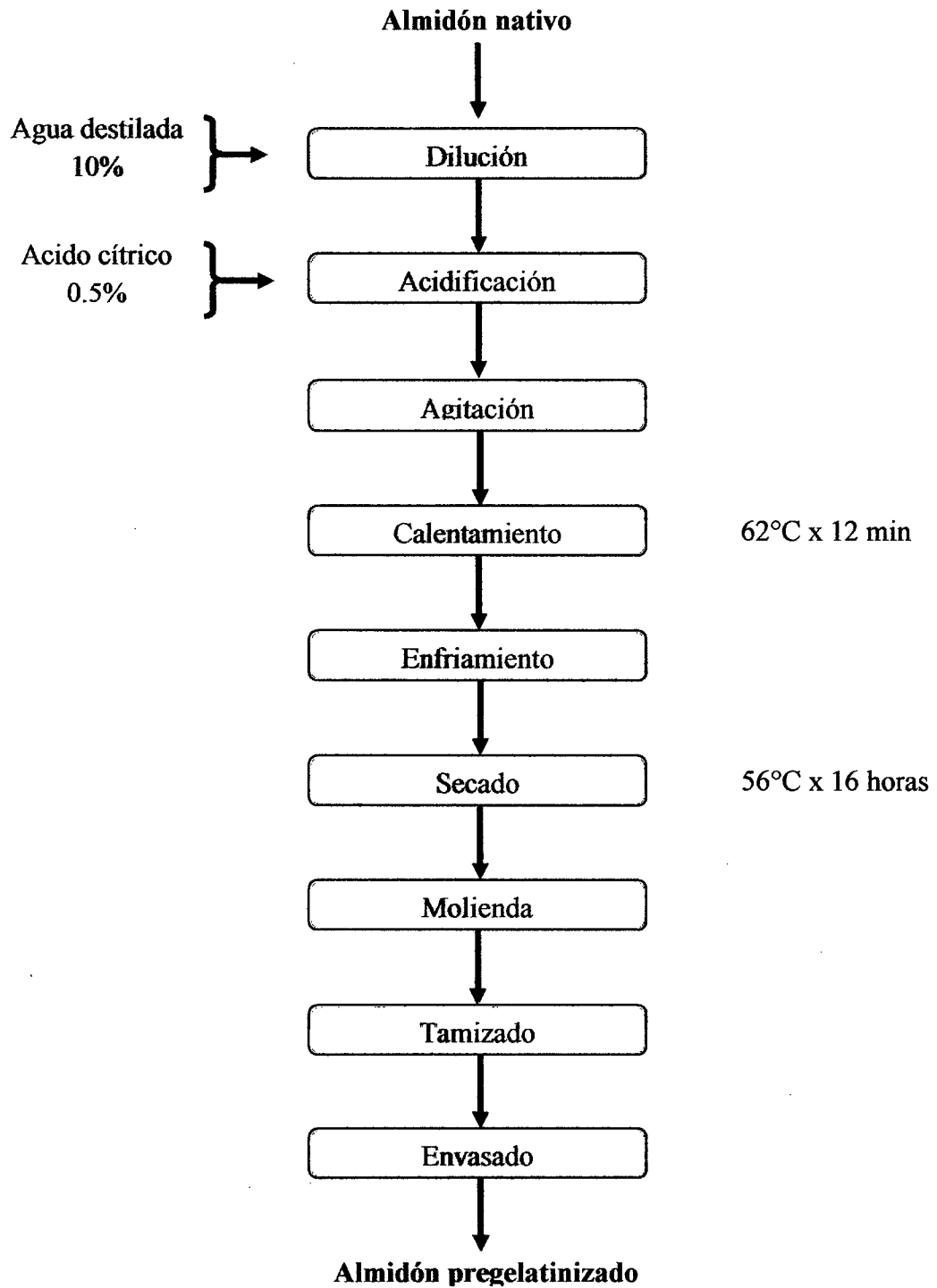


Figura 5. Diagrama de flujo de obtención de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de *Colocasia esculenta*.

Fuente. Elaboración propia

2.4. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón pregelatinizado.

- 2.4.1. Humedad:** Para determinar el porcentaje de humedad del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC, (1993); mostrado en el anexo 1.1.
- 2.4.2. pH:** Para determinar el pH del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC, (1993); mostrado en el anexo 1.2.
- 2.4.3. Acidez titulable:** Para determinar el porcentaje de acidez titulable del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC, (1993); se considero como ácido predominante el acido láctico ($m.eq = 0.064$); el mostrado en el anexo 1.3.
- 2.4.4. Fibra total:** Para determinar el porcentaje de fibra total del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC, (1993), mostrado en el anexo 1.4.
- 2.4.5. Grasa total:** Para determinar la grasa total del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método de Schoch et al., y como fue utilizado por González y Pérez, (2003); mostrado en el anexo 1.5.
- 2.4.6. Proteína total:** Para determinar el porcentaje de proteína total del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC, (1993); mostrado en el anexo 1.6.
- 2.4.7. Sólidos totales solubles (°Brix):** Para determinar los sólidos totales solubles del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC, (1993); mostrado en el anexo 1.7.

- 2.4.8. Ceniza:** Para determinar el porcentaje de ceniza del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método oficial de la AACC. (1993); mostrado en el anexo 1.8.
- 2.4.9. Tiempo de gelatinización:** Para determinar el tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método descrito por Paredes et al., (1999); adaptado a las condiciones del laboratorio de tecnología, mostrado en el anexo 1.9.
- 2.4.10. Temperatura de gelatinización:** Para determinar la temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se siguió el método descrito por Paredes et al., (1999); adaptado a las condiciones del laboratorio de tecnología, mostrado en el anexo 1.10.
- 2.4.11. Viscosidad:** Se determinó la viscosidad del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, utilizando la técnica propuesta por la AACC, (2000); con algunas modificaciones, mostrado en el anexo 1.11.
- 2.4.12. Sinéresis:** Para determinar presencia de sinéresis en el almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método descrito por Hosney, (1980); con algunas modificaciones, mostrado en el anexo 1.12.
- 2.4.13. Retrogradación:** Para determinar la retrogradación del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se consideró el método descrito por Hosney (1980), con algunas modificaciones, mostrado en el anexo 1.13.
- 2.4.14. Estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón:** Para determinar la estabilidad a la congelación - descongelación del almidón pregelatinizado obtenido de almidón nativo de “pituca”, se empleó el

método propuesto por Bello - Pérez et al. (2002), con algunas modificaciones, mostrado en el anexo 1.14.

2.4.15. Capacidad de retención de agua (CRA): La capacidad de retención de agua se evaluó cualitativamente. A la suspensión de carne se agregó el 10% de almidón, la cual fue sometida a un tratamiento térmico (90°C) y luego a un centrifugado para observar la liberación de agua, mostrada en el anexo 1.15.

2.4.16. Índice de solubilidad de agua (ISA) y Poder de hinchamiento (PH): Para determinar el ISA y PH del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó el método de Anderson et al., (1963); mostrado en el anexo 1.16.

2.5. Análisis estadístico

Evaluación del almidón modificado

Para evaluar estadísticamente las variables de estudio, humedad, pH, acidez titulable, sólidos totales solubles (°Brix), ceniza, el tiempo y temperatura de gelatinización, viscosidad, sinéresis, retrogradación, congelación y descongelación, capacidad de retención de agua, índice de solubilidad de agua y poder de hinchamiento del almidón pregelatinizado obtenido a partir del almidón nativo de “pituca”, se empleó un experimento factorial 3Ax3B bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 repeticiones, por unidad experimental. Se hizo uso de los paquetes estadísticos SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) y STATGRAPHICS 5.0 PLUS (Statistical Graphics System).

Factores:

A. Temperatura	a ₁ : 62 °C
	a ₂ : 65 °C
	a ₃ : 68 °C

B. Tiempo	b ₁ : 12 minutos
	b ₂ : 15 minutos
	b ₃ : 18 minutos

VARIABLES RESPUESTAS: Humedad, pH, acidez titulable, Sólidos totales solubles (°Brix), ceniza, tiempo y temperatura de gelatinización, viscosidad, capacidad de retención de agua, índice de solubilidad de agua y poder de hinchamiento.

Unidad Experimental: Almidón Nativo de Pituca.

Modelo Aditivo Lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Cambios obtenidos en las propiedades fisicoquímicas y funcionales experimentado en el i-ésima temperatura de gelatinización, en la j-ésimo tiempo de gelatinización y en la k-ésimo almidón pregelatinizado.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de la i-ésima temperatura de gelatinización.

β_j = Efecto del j-ésima tiempo de gelatinización.

ε_{ijk} = Error experimental.

Comparaciones Múltiples:

Para evaluar las diferencias entre las medias de los tratamientos, se emplearán la prueba Tukey con:

Nivel de significancia (α)	:	5%
Nivel de confianza (1- α)	:	95%

Descripción de los diferentes tratamientos e interpretación estadística

Tabla 3. Claves de los diferentes tratamientos

CLAVE	TRATAMIENTO
T1	62°C; 12 Minutos
T2	62°C; 15 Minutos
T3	62°C; 18 Minutos
T4	65°C; 12 Minutos
T5	65°C; 15 Minutos
T6	65°C; 18 Minutos
T7	62°C; 12 Minutos
T8	65°C; 15 Minutos
T9	68°C; 18 Minutos
Testigo 1	Almidón Nativo
Testigo 2	Almidón químicamente puro

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4. Interpretación estadística

CLAVE	INTERPRETACIÓN
a	Si es misma letra pertenece a un grupo homogéneo
d	
b	
c	
d	Si es diferente letra, existe diferencia estadísticamente significativa.
e	
f	
g	

Fuente. Elaboración propia.

III. RESULTADOS

3.1. Propiedades fisicoquímicas

A. Rendimiento de almidón pregelatinizado:

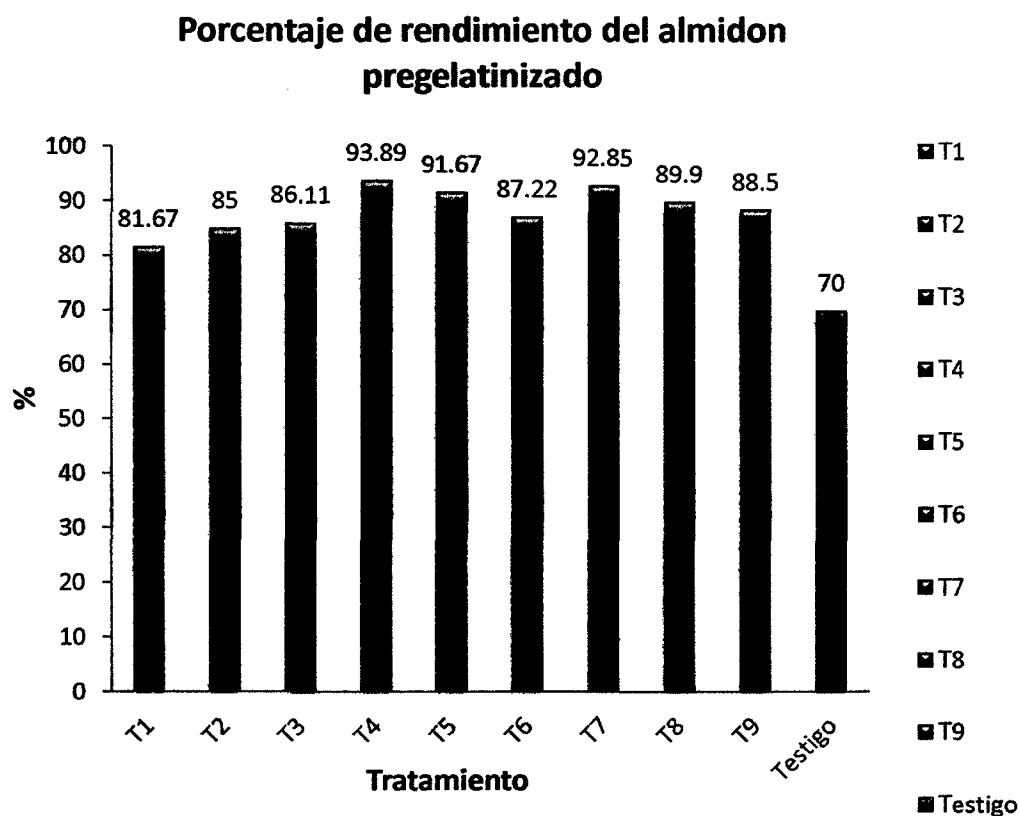


Figura 6. Valores promedio del rendimiento del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de *Colocasia esculenta*.

En la Figura 6, se observa el rendimiento de almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de *Colocasia esculenta*, que a medida es sometido a diferentes temperaturas y tiempos, solo existen pérdidas inferiores al 19% en el almidón pregelatinizado y el almidón nativo extraído de la pituca tiene un rendimiento del 70% de almidón respectivamente.

B. Temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado:

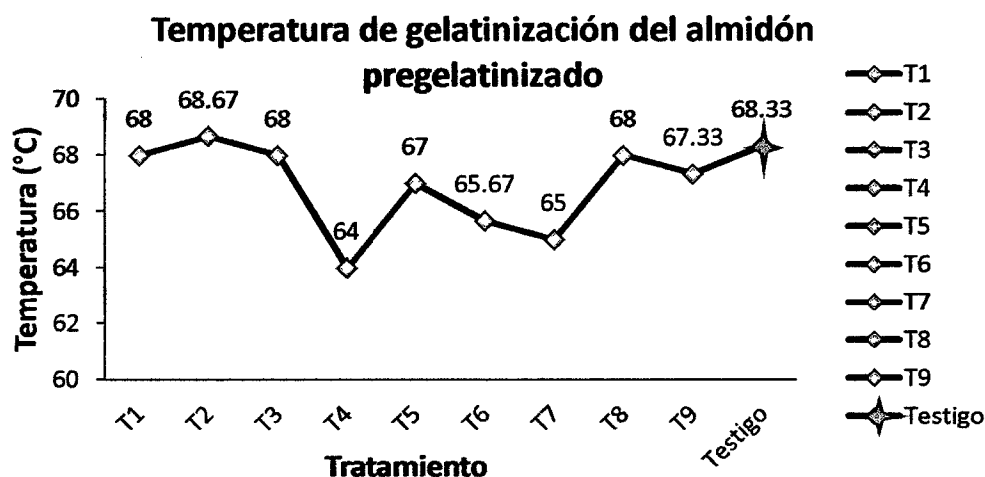


Figura 7. Valores promedio de la temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado.

C. Tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado:

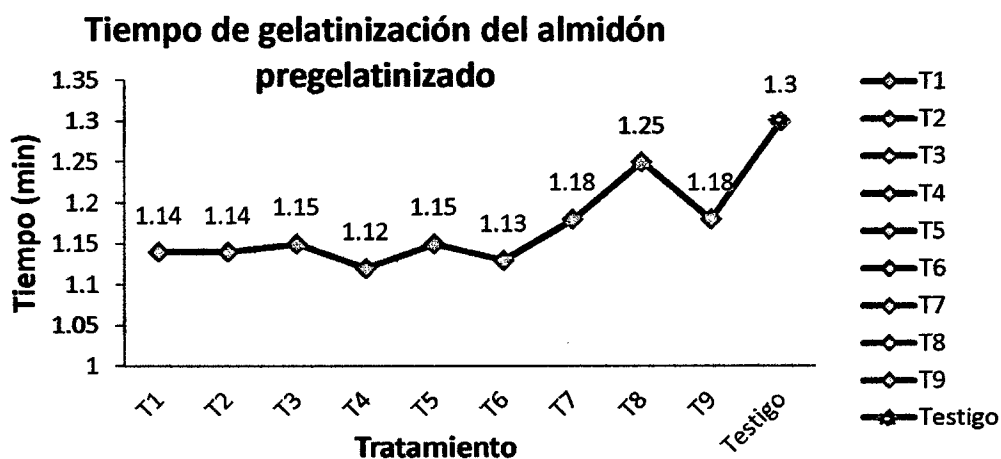


Figura 8. Valores promedio del tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado.

En las Figuras 7 y 8, se observa el comportamiento de temperatura y tiempo de gelatinización de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado obtenido del almidón nativo de *Colocasia esculenta*. Determinando que la mejor temperatura y tiempo de gelatinización se da a 64°C con 72s (T4) en el almidón pregelatinizado y 68.33°C con 90s en el almidón nativo; existiendo diferencia significativa entre los tratamientos.

D. Humedad del almidón pregelatinizado:

Porcentaje de humedad del almidón pregelatinizado

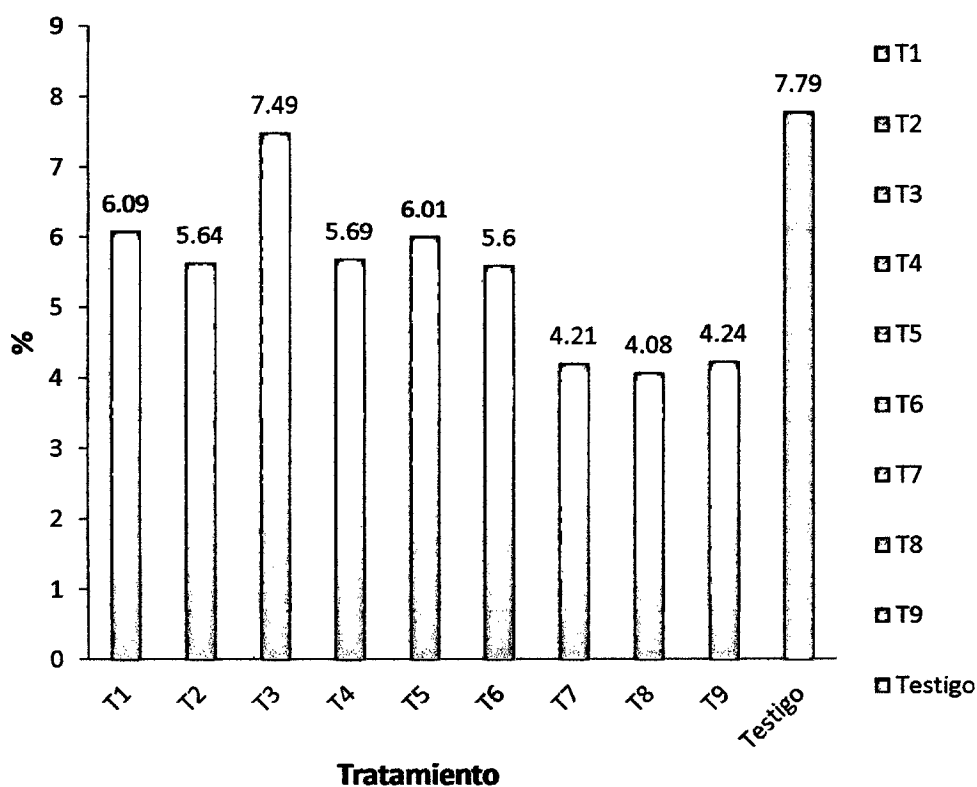


Figura 9. Valores promedio de humedad (%) del almidón pregelatinizado según los tratamientos estudiados.

En la Figura 9, se observa el comportamiento del contenido de la humedad del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos a partir del almidón nativo de *Colocasia esculenta*. Los tratamientos que tuvieron más altos porcentajes de humedad se deben a que la humedad es inversamente proporcional a la temperatura y tiempo de gelatinización para la obtención de almidón pregelatinizado.

E. pH del almidón pregelatinizado:

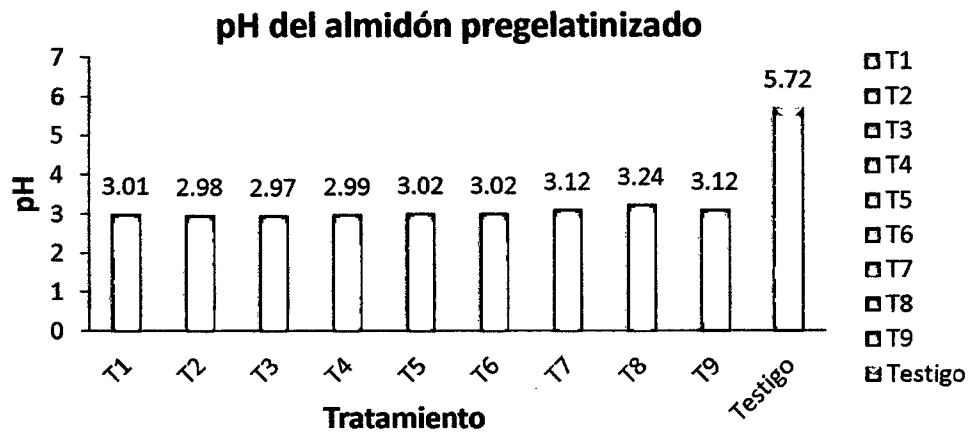


Figura 10. Valores promedio de pH del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de *Colocasia esculenta*.

F. Acidez titulable del almidón pregelatinizado:

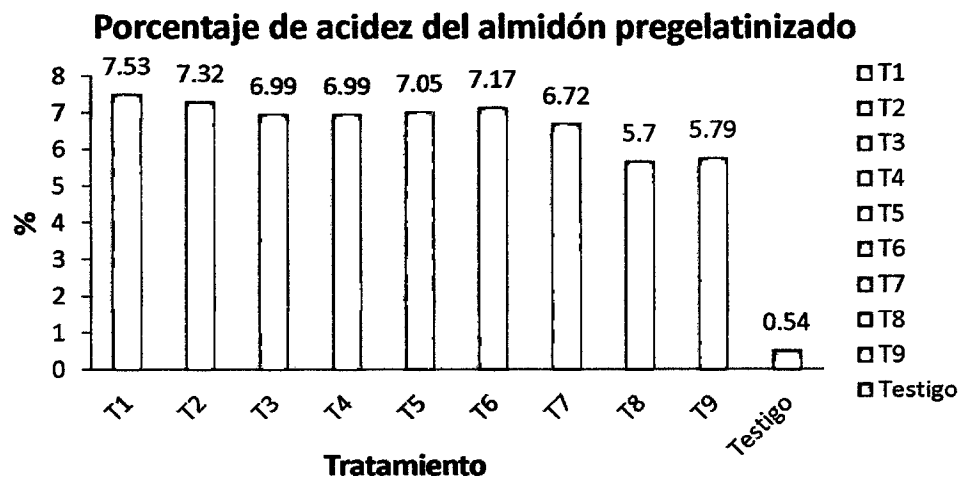


Figura 11. Valores promedio porcentaje de acidez titulable del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de *Colocasia esculenta*.

En las Figuras 10 y 11, se muestran los resultados de pH y porcentaje de acidez titulable del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de pituca, mostrando en el pregelatinizado un medio más acidificado, en cuanto a su pH es inversamente proporcional a la acidez.

G. Sólidos totales solubles del almidón pregelatinizado:

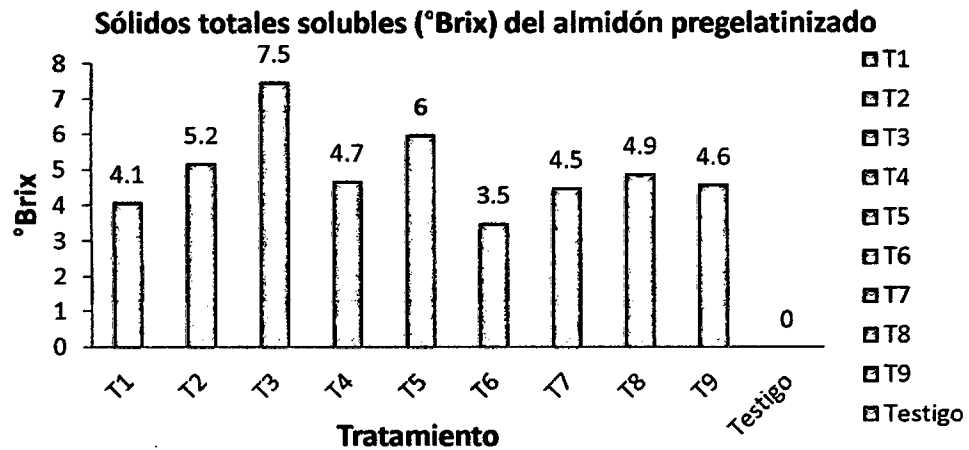


Figura 12. Valores promedio de sólidos solubles (°Brix) del almidón pregelatinizado

H. Ceniza del almidón pregelatinizado

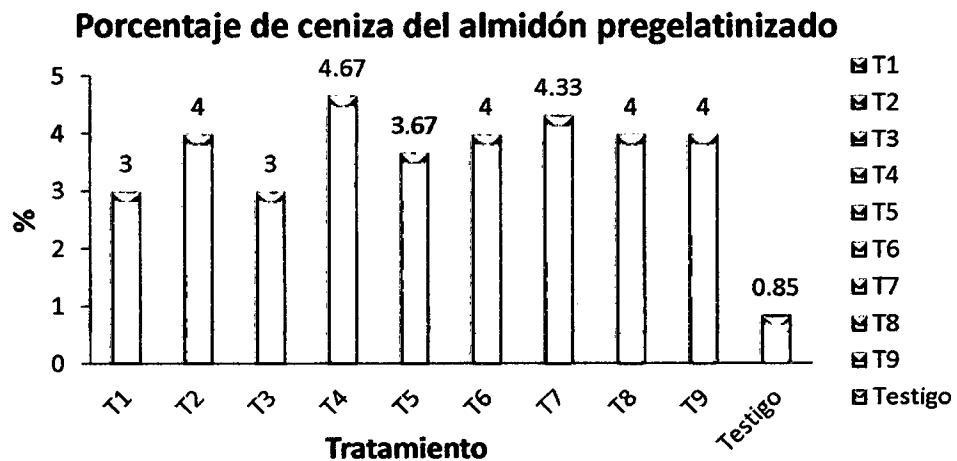


Figura 13. Valores promedio de ceniza (%) del almidón pregelatinizado

En las Figuras 12 y 13, se presentan los resultados de sólidos totales solubles y porcentajes de cenizas del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos obtenidos del almidón nativo de *Colocasia esculenta*. Donde en el pregelatinizado se aprecia los valores en un rango de 3.5 a 7.5 de °Brix en comparación con el almidón nativo que es nulo.

I. Fibra total, grasa total y proteína total del almidón nativo y pregelatinizado:

% de Fibra total, grasa total y proteína total del almidón pregelatinizado (T4)

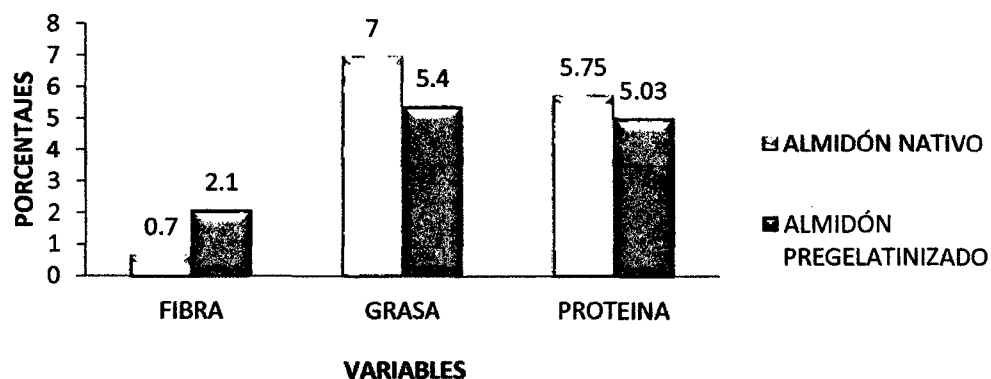


Figura 14a: Valores promedio de fibra total, grasa total y proteína total del almidón nativo y almidón pregelatinizado (T4).

% de Fibra total, grasa total y proteína total del almidón pregelatinizado (T6)

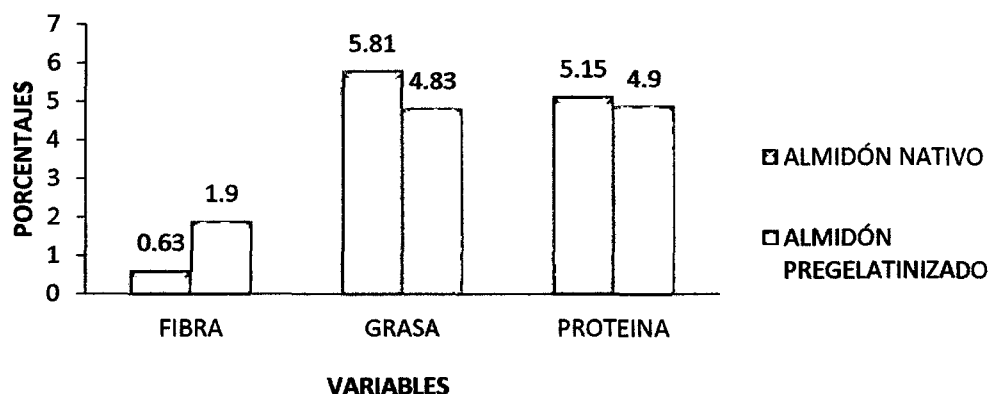


Figura 14b: Valores promedio de fibra total, grasa total y proteína total del almidón nativo y almidón pregelatinizado (T6).

Resultados de fibra total, grasa total y proteína total del almidón nativo y pregelatinizado solo se hicieron de los mejores tratamientos (T4 y T6), porque presentaron valores aceptables en la investigación al ser evaluadas, otras propiedades, mostrados en la Figuras 14a y 14b; respectivamente, para poder realizar una comparación t student entre el almidón nativo y pregelatinizado.

3.2. Propiedades funcionales:

A. Viscosidad del almidón pregelatinizado:

Viscosidad en función de la temperatura del almidón pregelatinizado

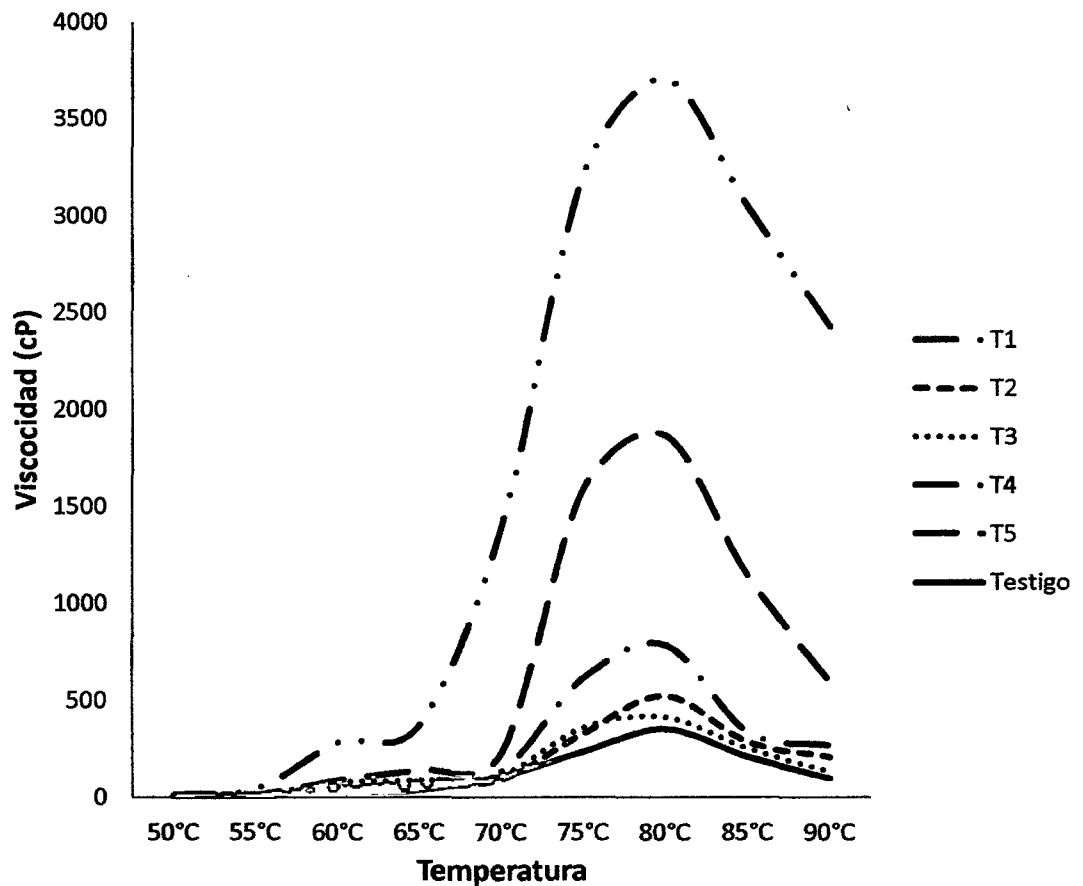


Figura 15a. Valores promedio de viscosidad en función de la temperatura del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos estudiados.

Comportamiento de la viscosidad en función de la temperatura de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado (T1 a T5) obtenido del almidón nativo de *Colocasia esculenta*, se muestra en la Figura 15a. El mayor valor de viscosidad se observa en el tratamiento (T4) con 3710 cP, existiendo una diferencia estadísticamente significativa con el testigo.

Viscosidad en función de la temperatura del almidón pregelatinizado

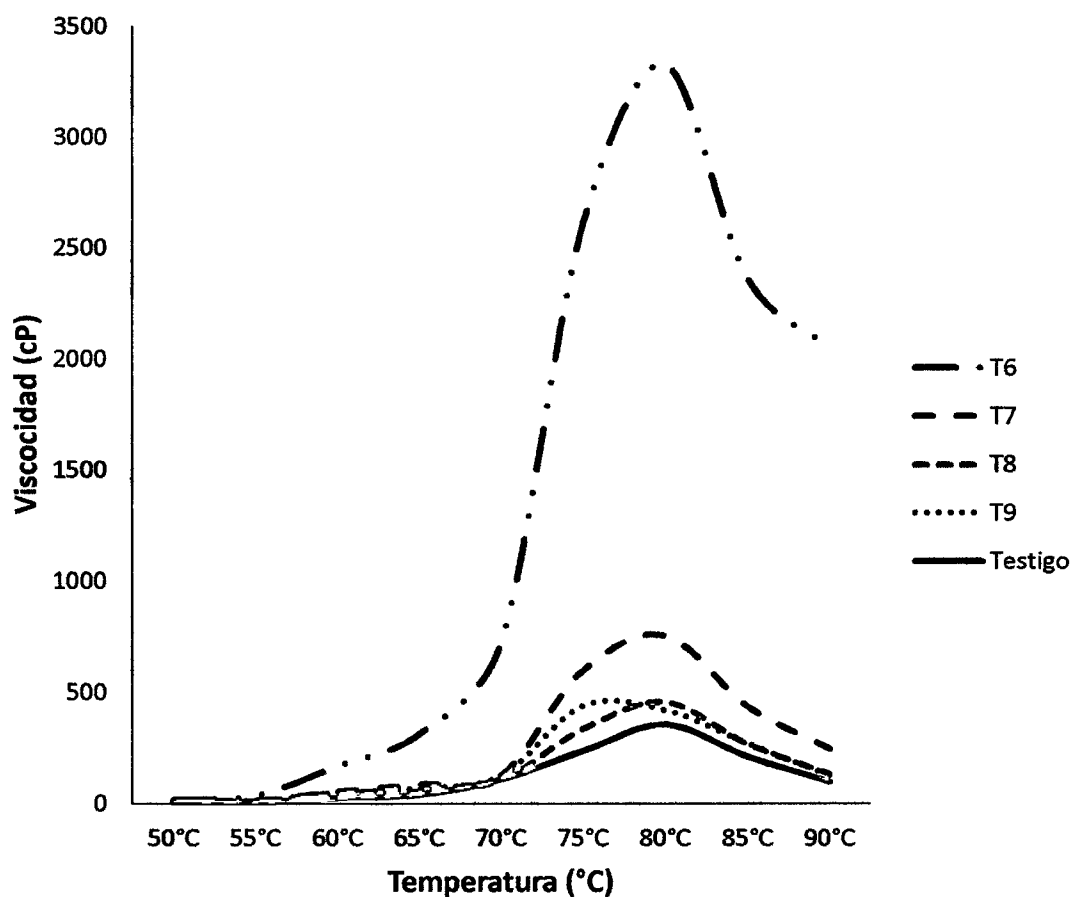


Figura 15b. Valores promedio de viscosidad en función de la temperatura del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos estudiados.

Comportamiento de la viscosidad en función de la temperatura de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado (T6 a T9) obtenido del almidón nativo de *Colocasia esculenta*, se muestra en la Figura 15b. El mayor valor de viscosidad se observa en el tratamiento (T6) con 3328 cP, existiendo una diferencia estadísticamente significativa con el testigo.

B. Sinéresis:

Sinéresis del almidón pregelatinizado en diferentes días de evaluación

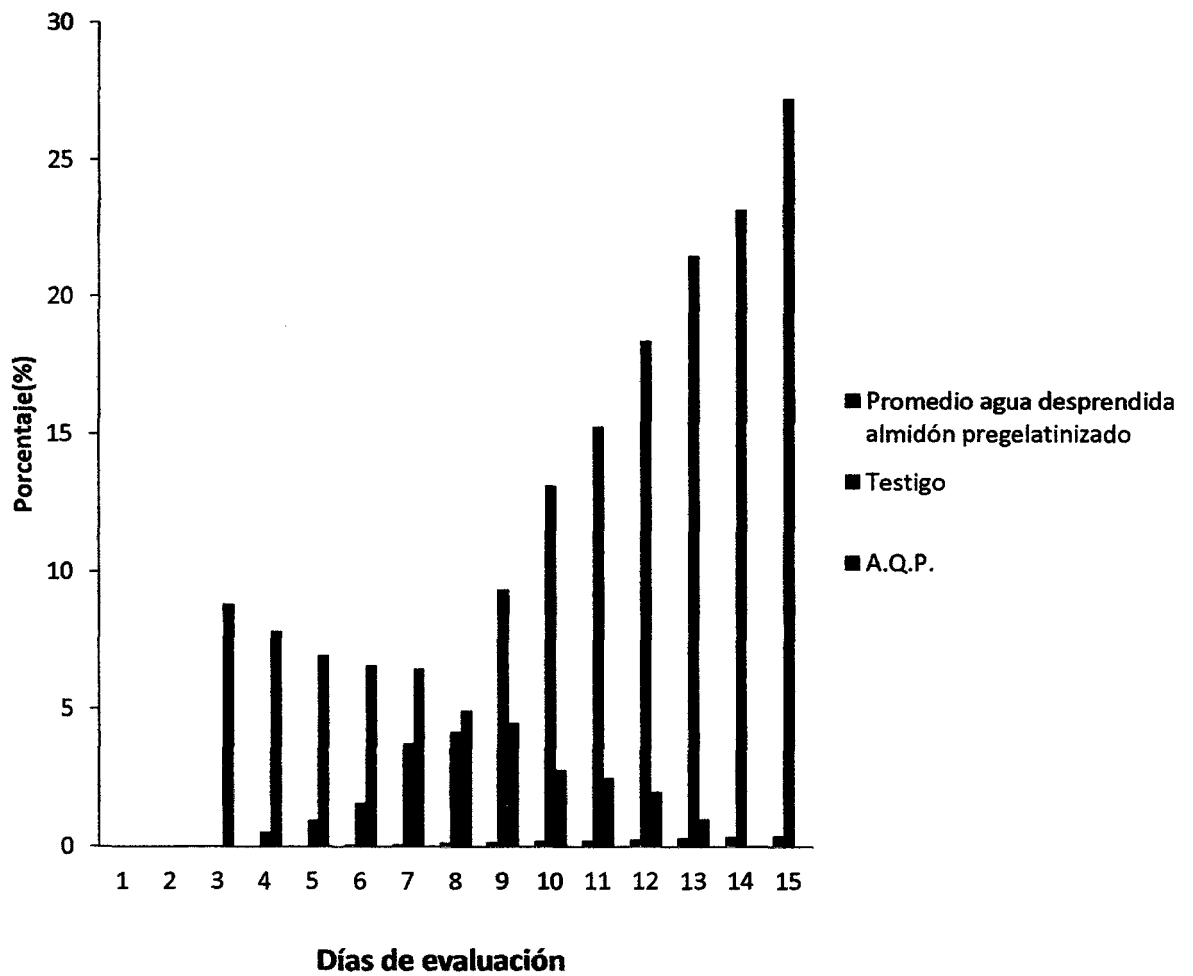


Figura 16. Sinéresis del almidón pregelatinizado en función del agua perdida en %.

En la Figura 16, se presentan los resultados de sinéresis en función del agua perdida (%), del almidón pregelatinizado. Donde se observa que el porcentaje de agua liberada de las pastas de almidón es relativamente bajo con un valor de 0.40% en comparación con el almidón nativo 27.23%, con una diferencia estadísticamente significativa.

C. Retrogradación:

Retrogradación del almidón pregelatinizado en función de la formación de cristales y desprendimiento de agua

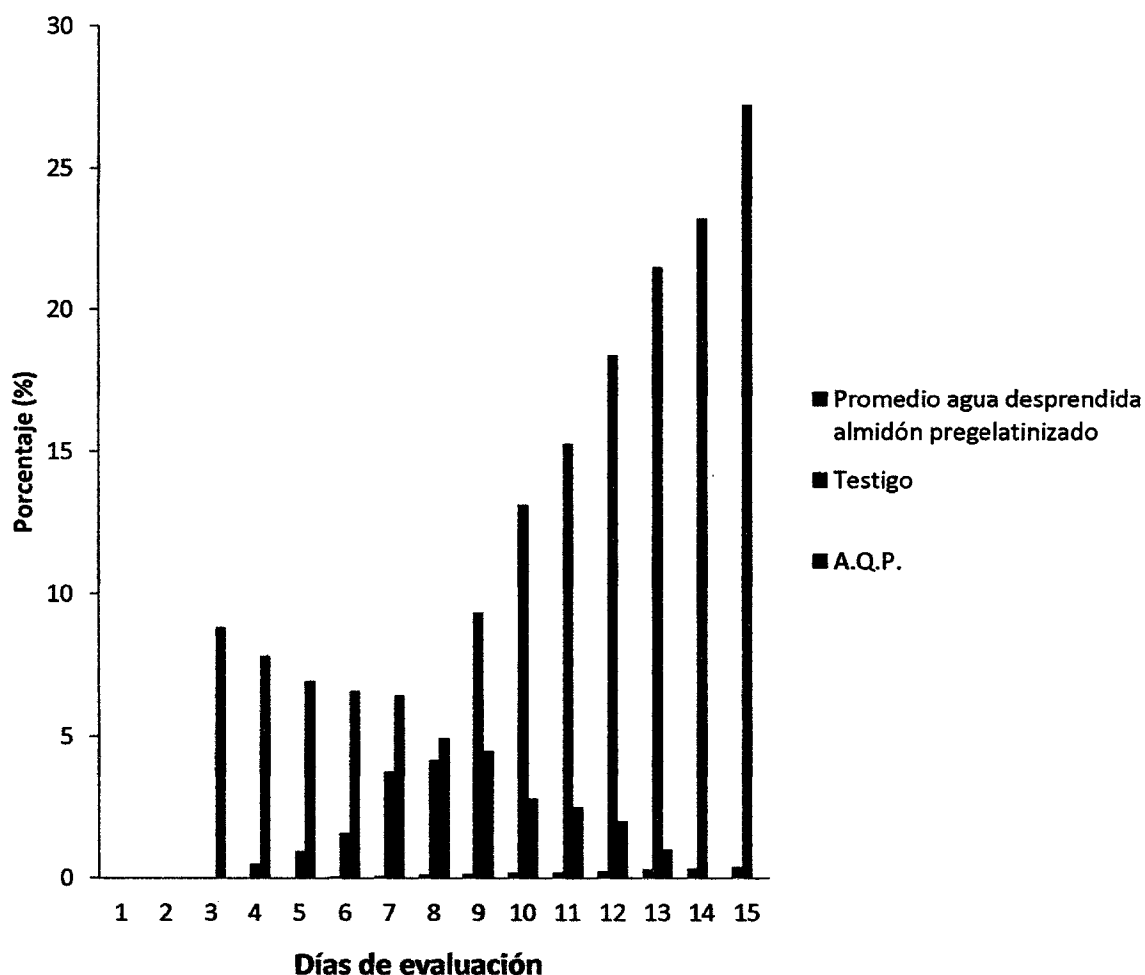


Figura 17. Retrogradación del almidón pregelatinizado en formación de cristales y desprendimiento de agua expresada en porcentaje.

En la Figura 17, se muestra los resultados de la retrogradación en función de la formación de cristales y desprendimiento de agua (%), del almidón pregelatinizado, donde se observa que la pregelatinización disminuye la tendencia a la retrogradación en comparación con el almidón nativo y químicamente puro, con una diferencia estadísticamente significativa.

D. Congelación – descongelación del almidón pregelatinizado:

Estabilidad a la congelación y deshielo de los geles del almidón pregelatinizado

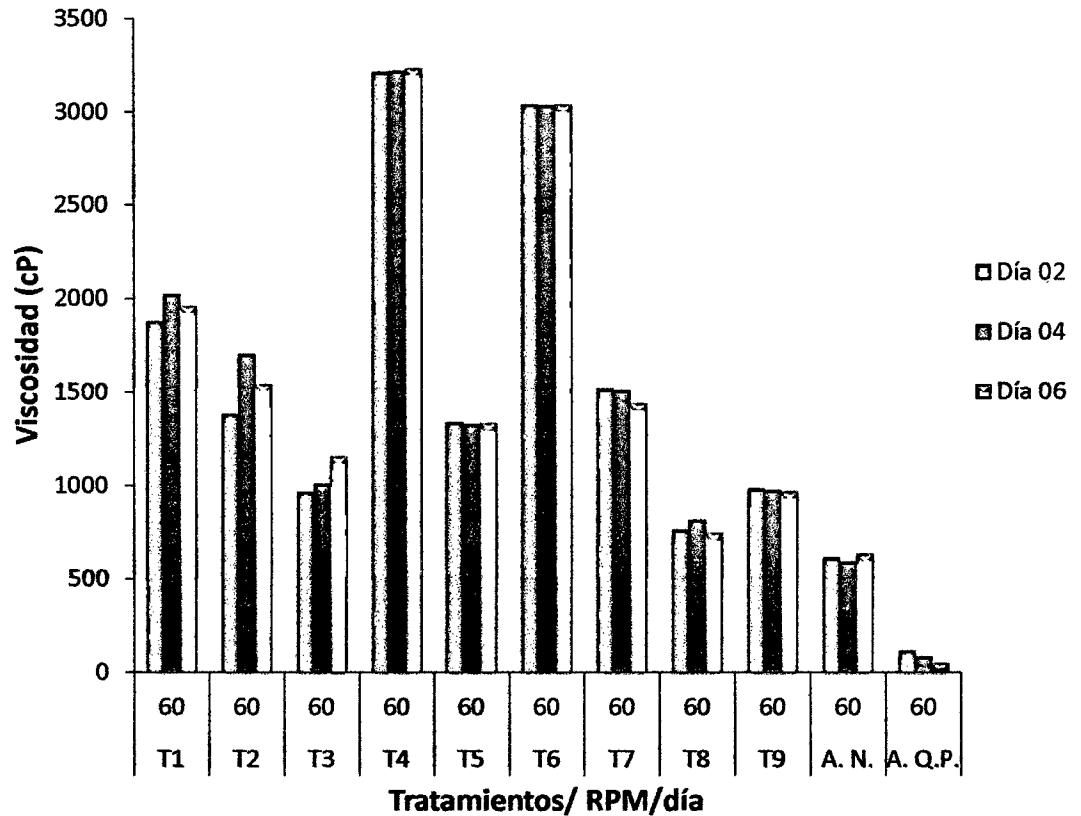
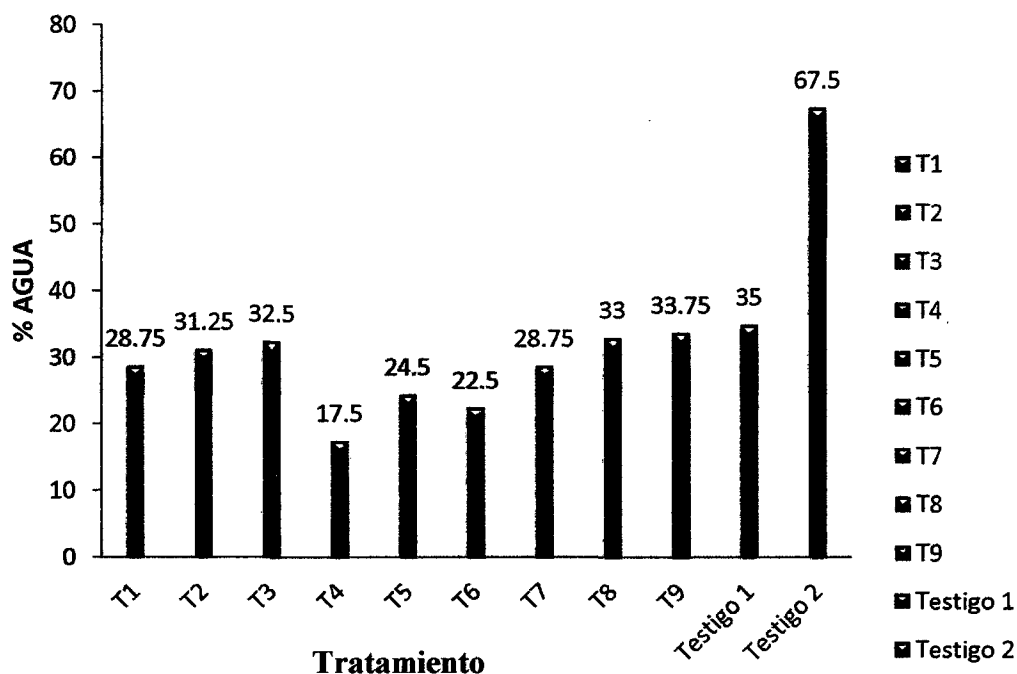


Figura 18. Estabilidad a la congelación y deshielo de los geles del almidón pregelatinizado.

En la Figura 18, se presenta el comportamiento de la estabilidad del almidón pregelatinizado al congelamiento – descongelación en función de la viscosidad, siendo el tratamiento (T4) con mayor viscosidad. Existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y el testigo, entonces la congelación y descongelación tiene menos influencia en los almidones pregelatinizados.

E. Capacidad de Retención de Agua (CRA) de almidón pregelatinizado:

Porcentaje de Capacidad de Retención de Agua (CRA), en función del agua perdida



Testigo 1: almidon nativo + suspensión de carne

Testigo 2: Suspensión de carne

Figura 19. Capacidad de Retención de Agua (CRA), en función del agua perdida expresada en porcentaje.

En la Figura 19, se presenta la capacidad de Retención de Agua (CRA), en función del agua perdida (%), empleando almidón pregelatinizado, donde se observa que los almidones pregelatinizados eliminan menores porcentajes de agua en comparación con el testigo 1 y 2; siendo el mejor tratamiento (T4) en función del agua perdida (17.5%), el testigo 1 (35%) y el testigo 2 (67.5).

F. Índice de solubilidad de agua de almidón pregelatinizado:

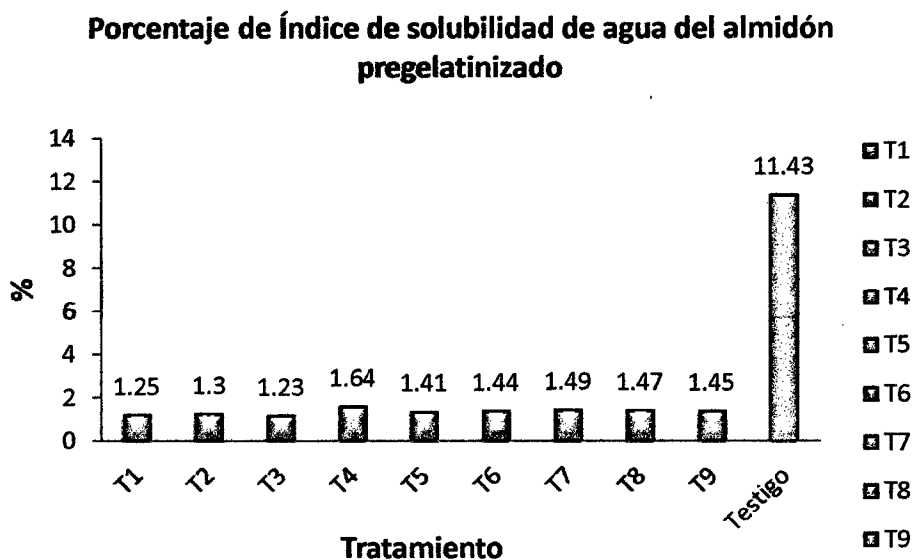


Figura 20. Valores promedio del índice de solubilidad de agua de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado.

G. Poder de hinchamiento de almidón pregelatinizado:

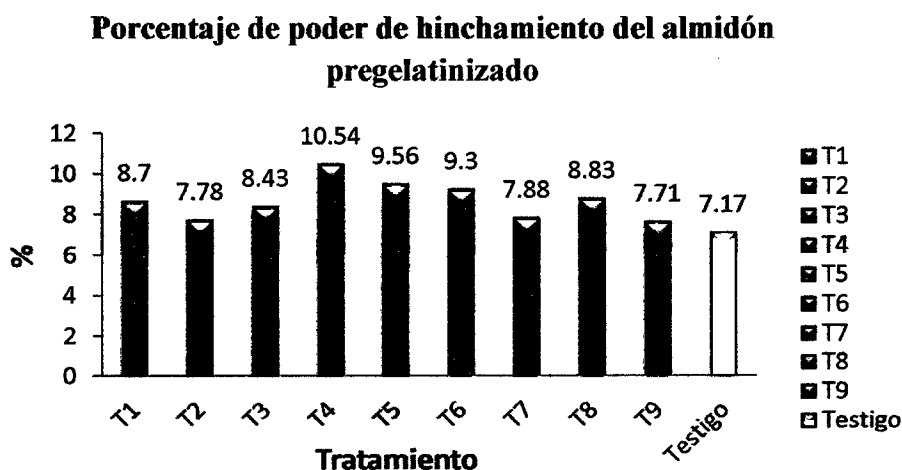


Figura 21. Valores promedio del poder de hinchamiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado.

El las Figuras 20 y 21, se observan el descenso de índice de solubilidad de agua y el incremento de poder de hinchamiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado obtenido del almidón nativo de *Colocasia esculenta*, existiendo una diferencia estadísticamente con el testigo.

IV. DISCUSION

Los tubérculos de *Colocasia esculenta* "pituca" fue recolectado en la localidad de Yambrasbamba a una edad fisiológica de 7 meses, los resultados se muestran en la figura 6, registrándose un rendimiento de 70% de almidón nativo extraído de los cormos de la pituca y para el almidón pregelatinizado con un rendimiento superiores de 81.7% ($p < 0.05$), existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos; valor similar al 77% reportado por Morín, (1983), lo que demuestra que el método empleado para la extracción de almidón nativo fue el adecuado, por lo tanto la diferencia de los rendimientos se debe a la variedad con que se trabajó, la idoneidad del suelo y sostén del suelo que posee el lugar donde se cultiva.

En las Figuras 7 y 8, se observan que los almidones pregelatinizados presentan menor temperatura y tiempo de gelatinización, reportándose una temperatura de 64°C y un tiempo de 1.12 min (72s), cuándo se empleó un tiempo de 12 minutos y una temperatura de 65°C (T4) para la obtención de almidón pregelatinizado; existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, utilizando el programa SPSS en comparación al almidón nativo que su temperatura y tiempo de gelatinización fue de 68.33°C y 1.30min (90s); Halden et al, (1990); reportan que los cambios estructurales durante la gelatinización del almidón, se deben a la gelatinización del almidón provocados con la temperatura, incrementó la capacidad de hinchamiento y disminuyó la temperatura de gelatinización. Imberty et al., (1988); además, se reportó que a mayor temperatura de gelatinización de en almidones nativos, refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón, normalmente asociada a una mayor presencia de zonas semicristalinas y a un mayor contenido de amilosa.

La evaluación de la temperatura y el tiempo de gelatinización en almidones pregelatinizados a sido reportada por varios autores (Guerra - Della Valle, 2008; Singh et al., 2007; Thomas y Atwell, 1999; Rutenberg y Solarek, 1984;); quienes atribuyen que la modificación mas simple puede producir un debilitamiento de las fuerzas de enlace intragranular. Asimismo, la temperatura causa aumento de la movilidad de los gránulos de almidón, lo cual facilita la dispersión de las moléculas de almidón en el agua, produciendo un incremento en la capacidad de retención de agua

y poder de hinchamiento; en la investigación (Figura 8), los menores tiempos de gelatinización se registraron al emplear, una temperatura de 65°C y un tiempo de 12 minutos (T4) y una temperatura de 65°C y un tiempo de 18 minutos (T6), donde el mayor tiempo de gelatinización se registró en el testigo; existiendo diferencia estadísticamente significativa. Esta característica está estrechamente relacionada con el tiempo y temperatura de calentamiento ya que son variables críticas que alteran las partículas, el grado de gelatinización y dificultan la deshidratación del gel Wierick y Whistler, (1997). Al respecto Rodríguez y Col, (2006); citan que la intensidad de la gelatinización depende de la temperatura y contenido de humedad, es irreversible, inicialmente aumenta el tamaño de los gránulos y produce en el incremento de la viscosidad, así mismo refieren que inicialmente hay un hinchamiento en las regiones amorfas del granulo donde los polímeros amilopectina y amilosa son más susceptibles a su disociación.

En la Figura 9, se observa que los almidones pregelatinizados de los diferentes tratamientos, presentó el menor valor de humedad (4.08%; $p < 0.05$) cuando se empleó una temperatura de 68°C y un tiempo de 15 min (T8), con referente al almidón nativo de 7.79% de humedad, existiendo una diferencia estadísticamente significativa, lo que explicaría porque el procesamiento de esta muestra fue más drástico, si se compara con el T4, la cual fue sometida a una temperatura de 65°C y un tiempo de 12 minutos, el nivel de pH es alto. Choi y Ko, (1984); reportan que la reducción de la humedad se debe al tipo de calentamiento que es sometido al almidón nativo.

En las Figuras 10 y 11 se muestran los resultados correspondientes de pH y Acidez titulable realizados al almidón pregelatinizado y nativo, donde el mayor valor de pH del almidón pregelatinizado de 3.24; siendo inferior al testigo 1 (almidón nativo) de 5.72; existiendo una diferencia estadísticamente significativa, mientras que la acidez titulable es superior en el almidón pregelatinizado de 7.53% siendo el mayor valor cuando se empleó una temperatura de 62°C y un tiempo de 12 min, e inferior en el almidón nativo de 0.54% de acidez, con la pregelatinización presenta un medio más acidificado. ISI, (1999); reportaron que los valores del pH en un almidón pregelatinizado y nativo debe estar entre 2.5 – 3.5 y 5.5 - 6.5 y en cuanto acidez titulable debe estar entre 5 – 7.5 y 0.20 – 0.55 m.eq ácido láctico / g de almidón, los resultados de la investigación se encuentran en el rango establecido.

En la evaluación de sólidos solubles (°Brix) Figura 12 se muestra que los valores de °Brix es superior en almidones pregelatinizados con respecto al testigo 1 (almidón nativo), esto se debió principalmente a una degradación molecular originado por el tipo de calentamiento con diferentes temperaturas y tiempos sometidos al almidón nativo, que se lleva a cabo la formación de partículas que incrementan el °Brix, siendo el menor valor de (3.5; $p < 0.05$; T6) en el almidón pregelatinizado, cuando se empleo una temperatura de 65°C y un tiempo de 18 min y neutro en el testigo, donde los resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa.

Los almidones pregelatinizados presentaron resultados en el contenido de cenizas de 3% a 4.7% ($p > 0.05$), existiendo una diferencia no significativa entre los tratamientos (Tabla 13), y con referente al almidón nativo de 0.85% de ceniza siendo inferior al del almidón pregelatinizado, existiendo una diferencia estadísticamente significativa. Rasheed – Khan y Col; (2000); su incremento podría atribuirse a una posible despolimerización del almidón, lo cual a sido evidenciado en el almidón de trigo calentado por microondas. Chen y Jane, (1994); reportaron de dos a cinco veces más cenizas en sus almidone modificados solubles en agua fría. Hoover, (2002); reporta que el aumento en la cantidad de cenizas se relaciona posiblemente en el contenido de minerales en los almidones donde influyen en el contenido final de cenizas.

En las figuras 14a y 14b, se muestran resultados de los mejores tratamientos en cuanto a fibra, grasa y proteína; el contenido de fibra en los tratamientos (T4 y T6) son mayores al almidón nativo (testigo 1 y 2) con valores de 2.1%; 1.9% en el almidón pregelatinizado y 0.70%; 0.63% en el almidón nativo. En cuanto al contenido de grasa y proteína en los almidones pregelatinizados son menores al almidón nativo, con valores de grasa y proteína de 5.4% y 5.03% (T4); 4.83% y 4.9% (T6) en almidones pregelatinizados y en almidones nativos con valores de 7% y 5.75% (testigo 1); 5.81% y 5.15% (testigo 2); existiendo una diferencia estadísticamente entre las variables indicadas. Esto se debe por la evaporación y volatilización de los componentes. Estos resultados concuerdan con otros trabajos de investigación, donde de pituca se reportaron contenidos de grasa entre 3.5 a 5.5% y proteína entre 4.5 a 5.8% Amos, (1969).

En las Figuras 15a y 15b, se observa que los almidones pregelatinizados en los diferentes tratamientos mostraron viscosidades mayores a las del almidón nativo, siendo el tratamiento T4 (una temperatura de 65°C y un tiempo de 12min) el que alcanza el mayor valor de viscosidad 3710 cP, a una temperatura de 80°C y 354.20 cP para el almidón nativo a una temperatura de 80°C. El alto valor de viscosidad obtenido podría ser el efecto de la temperatura y tiempo de gelatinización que reducen la magnitud y el tipo de fuerza que mantienen estable la red intragranular, se produce mayor lixiviación de amilosa al medio circundante. Sin embargo, es importante señalar que, la pregelatinización incrementa la viscosidad de todas las muestras, mostrando una diferencia estadísticamente significativa. Gonzales, Z y Pérez, E (2002), reportaron estas tendencias en almidones pregelatinizados de trigo y yuca. Chen y Jane (1994), reportaron que los almidones pregelatinizados de maíz ceroso y altos en amilosa (50 y 70%) mostraron viscosidades mayores que las de sus almidones nativos. Es evidente a partir de estos resultados que la estructura molecular de los almidones tiene una función importante en este comportamiento.

En las Figuras 15a y 15b, se muestra que durante la etapa de calentamiento 50°C - 90°C, la viscosidad del almidón pregelatinizado se incrementó gradualmente hasta obtener un valor máximo (pico máximo de viscosidad); resultados similares fueron reportados por Rivas y col. (2009); quienes afirman durante la etapa de calentamiento (30 a 95 °C), la viscosidad de los almidones modificados de plátano se incrementó gradualmente hasta obtener un valor máximo. Cuando el almidón es calentado en exceso de agua, los gránulos se hinchan y al mismo tiempo, parte de sus componentes se solubilizan, originando una suspensión de partículas en una fase continua. La viscosidad a partir de 85°C empieza a disminuir; Rivas y col. (2009); mencionan que durante la etapa de sostenimiento a 90°C, la viscosidad disminuye (disociación del gránulo) y durante la etapa de enfriamiento (reasociación) se observa un incremento en la viscosidad; debido a la reorganización de las cadenas lineales (principalmente amilosa) solubilizadas durante las etapas de calentamiento y de mantenimiento isotérmico, que origina un mayor número de enlaces entrecruzados durante el proceso de formación del gel. Colona y Col, (1987); indicaron que la destrucción de la estructura granular es el principal evento físico que ocurre durante la pregelatinización del almidón y que también se produce una degradación macromolecular del polisacárido; asimismo, las propiedades reológicas

resultantes del almidón pregelatinizado están determinadas por el tamaño y la fracción volumétrica de las partículas hinchadas, así como por el tamaño de las macromoléculas solubilizadas y de su posible agregación.

En la Figura 16 se puede observar que a partir del décimo día de almacenamiento a una temperatura de 4°C, el porcentaje de agua liberada de las pastas de almidón pregelatinizado es relativamente bajo con un valor de 0.40% en comparación al almidón nativo 27.23% y almidón químicamente puro comienza del cuarto día de almacenamiento con una liberación de agua que desciende de 8.73%, lo cual concuerda con Whistler y BeMiller, (1999); citado por Sánchez, (2007); quienes manifiestan que a bajas temperaturas los geles de almidón pueden presentar un fenómeno llamado sinéresis donde los geles pierden agua mediante la formación de capas superficiales sobre el gel, debido a que las moléculas de amilosa y amilopectina se asocian entre ellas, desplazando el agua contenida en el gel este fenómeno se acentúa con el tiempo. La sinéresis se favorece con tratamientos extremos como el congelamiento del gel Lee et al., (2002); Kweon et al., (1997); citado por Sánchez, (2007).

Al evaluar el fenómeno de retrogradación (Figura 17) de las pastas de almidón almacenadas en congelación (-15°C) durante 15 días, se observó que la pregelatinización disminuyó la tendencia a la retrogradación de las mismas. La pregelatinización previene la asociación entre las cadenas lineales de amilosa y los segmentos lineales de amilopectina, lo cual impide la retrogradación Singh et al., (2007); citada por Sánchez, (2007).

La presencia de retrogradación se registró al almacenar los geles de almidón a una baja temperatura; siendo los almidones pregelatinizados quienes presentaron una menor tendencia a la retrogradación (0.40%) comparado a los almidones nativos (27.23%) de agua liberada, que se muestra en la Figura 17. Miles et al., (1985), reportaron que la retrogradación consiste de dos procesos; gelificación de las moléculas de amilosa lideradas a partir de los gránulos durante la gelatinización y recristalización de amilopectina. Agboola et al., (1991); reportaron que los almidones pregelatinizados muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento – deshielo. Hoover, (2002), reporta que la

relación amilosa/amilopectina, imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones, dada la aplicación específica que se puede dar de éste en un desarrollo de un producto; la amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse; donde el fenómeno de la retrogradación se ve influenciado por varios factores; el contenido de amilosa, la longitud de las cadenas (moléculas) de amilosa y el estado de dispersión de las cadenas de amilosa.

La estabilidad al congelamiento - deshielo del almidón de pituca nativo se incrementó con las modificaciones realizadas como se muestra en la Figura 18, al respecto el almidón nativo presentó una menor estabilidad, debido al menor valor de viscosidad (tercer ciclo de congelamiento). Los almidones pregelatinizados mostraron gran estabilidad, ya que en el tercer ciclo de congelamiento, presentaron un alto valor de viscosidad. Durante la pregelatinización de los almidones posiblemente se dio una despolimerización de las moléculas de amilosa y amilopectina, generando moléculas más lineales, presentando un fenómeno de agregación gradual de las cadenas lineales formando una malla que disminuyó la cantidad de agua separada. Chen y Jane, (1994); Bello et al., (2002); citado por García y Col, (2009).

Los almidones pregelatinizados presentaron una mayor capacidad de retención de agua CRA como se muestra en la Figura 19, cuando se empleó una temperatura de 65°C y un tiempo de 12 minutos (T4) donde se obtuvo la máxima CRA 17.50% de agua liberada, en comparación al Testigo1 (35%) de agua liberada - Testigo2 (67.50%) de agua liberada; valores similares fueron reportados en otros almidones por Bello-Pérez et al., (1998). Esta situación se puede deber a que la temperatura y tiempo de gelatinización pueden originar una red o malla de las cadenas que se liberaron a partir del almidón a altas temperaturas, incrementando la CRA, Wootton y Bamunuarachi, (1978); citado por Rivas, (2009). En el caso de los testigos 1 y 2, estos mostraron valores mayores que los almidones pregelatinizados; este comportamiento puede ser atribuido a la diferencia en la relación amilosa/amilopectina, así como también a la diferencia en la distribución en la longitud de la cadena como fue reportado en otros almidones (Bello y Pérez et al., 1998).

La solubilidad en los almidones pregelatinizados preparados con diferentes temperaturas y tiempos, entre los tratamientos el mayor valor fue de 1.64% ($p > 0.05$), mostrando una diferencia no significativa entre los factores A, B y tratamientos; pero si existiendo una diferencia significativa con el testigo de 11.43% analizados estadísticamente, los resultados se muestran en la Figura 20, donde la temperatura tiene una función importante en la solubilidad, estos valores obtenidos de solubilidad se pueden atribuir a que estos almidones tienen una cantidad de amilosa similar. Los almidones obtenidos presentaron aceptables de CRA, con fácil dispersión en agua fría y bajos ISA, comparados con el testigo 1. Colona et al., (1984); reportaron que en almidones pregelatinizados donde no se aplica ninguna fuerza de corte a los gránulos hinchados, ocurre apenas una lixiviación parcial de la amilosa, los componentes del almidón se degradan levemente y probablemente siguen enlazados dentro de una matriz continua. Así, estos productos presentan una alta accesibilidad al agua (debido a su estructura suave) y solamente una limitada solubilidad en agua fría (debido a los componentes de alto peso molecular). Dado que el almidón granular soluble en agua fría preparado a partir de almidón de maíz con alto contenido de amilosa presentaba una mayor solubilidad en agua fría que el almidón de maíz normal Chen y Jane, (1994). Almidones de buena calidad con alto contenido de almidón y alta viscosidad de pasta, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento reportado por Anderson et al., (1969).

En el caso del poder de hinchamiento que se muestra en la Figura 21; los almidones pregelatinizados tuvieron valores mayores ($p < 0.05$), de 10.54% cuando se empleo una temperatura de 65°C y un tiempo de 12 minutos (T4), en comparación con el testigo de 7.17%, mostrando una diferencia significativa, el incremento del hinchamiento se puede explicar por la temperatura y tiempo empleado, lo que permite la retención de moléculas de agua por la facilidad de formar puentes de hidrogeno Miles et al., (1985). Estos productos se dispersan fácilmente en agua fría para formar suspensiones moderadamente estables y pueden ser utilizados principalmente en purés de frutas y papas, alimentos infantiles, mezclas de sopas secas, como aditivos para postres congelados dada su elevada estabilidad y adhesivos en la industria textil. Si se quieren desarrollar sopas o alimentos líquidos espesos, lo ideal es trabajar con almidones de alta viscosidad, si se desarrollan alimentos fluidos sería importante trabajar con almidones de baja viscosidad Bonazzi et al., (1996).

V. CONCLUSIONES

- Al evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones pregelatinizados dependieron de la temperatura y tiempo de gelatinización.
- La pregelatinización del almidón nativo de *Colocasia esculenta*, logró mejorar las propiedades fisicoquímicas y funcionales, reduciendo el tiempo y temperatura de gelatinización, maximizando el valor de viscosidad, estos almidones también presentan menor tendencia a fenómenos como sinéresis y retrogradación.
- En los tratamientos estudiados, los valores de temperatura de gelatinización de los almidones pregelatinizados, siendo el T4 de 64°C la menor temperatura de gelatinización, presentan diferencia significativa en comparación con la temperatura de gelatinización del almidón nativo de pituca de 68.33°. El menor tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado, fue de 1.12 min (72s) en el T4 en el proceso de obtención de almidón pregelatinizado.
- El máximo valor de humedad de los tratamientos del almidón pregelatinizado fue de 7.49% en el T4, y presentan una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el testigo de 7.79%, realizados el secado en una estufa.
- El porcentaje de pH y Acidez titulable son inversamente proporcionales y presentan una diferencia significativa, con el almidón pregelatinizado el mayor valor de pH y acidez titulable es 3.24%(T4) y 7.53%(T1), en comparación con el testigo de 5.72% y 0.54%.
- Los almidones pregelatinizados presentaron valores superiores de ceniza, sobresaliendo el T4 y T7 con 4.67% y 4.33% en comparación al almidón nativo que presentó un 0.85% de ceniza.
- El máximo valor de viscosidad de los almidones pregelatinizados se presenta a una temperatura de 80°C, empezando la viscosidad a disminuir a partir de una temperatura de 85°C – 90°C, debido al rompimiento de los gránulos de almidón. El mayor valor viscosidad fue de 3710 cP y se registró a una temperatura de 80°C

(T4); es importante señalar que, en general, la pregelatinización incrementó la viscosidad de todas las muestras.

- Los almidones pregelatinizados presentaron menor tendencia al fenómeno de sinéresis desprendiendo 0.40% de agua en comparación al almidón nativo que presentó un 27.23% de liberación de agua.
- Los almidones pregelatinizados mostraron mayor estabilidad al congelamiento – deshielo respecto a los almidones nativos. Los diferentes tratamientos de almidón pregelatinizado tienen mayor estabilidad durante los días de evaluación, sobresaliendo el T4 y T6 como los más estables, lo que no sucede con el testigo que en los primeros días de evaluación tiene un mayor valor de viscosidad que va disminuyendo con los ciclos de congelamiento – deshielo.
- Todos los tratamientos de almidón pregelatinizado tiene una mayor capacidad de retención de agua en comparación al almidón nativo, teniendo una CRA de 82.5% en el T4 y 77.5% por el T6, considerando que la estructura interna del granulo dañado permite que hayan mas sitios de interacción disponibles con el agua.
- El menor valor de índice de solubilidad de agua y poder de hinchamiento del almidón pregelatinizado fue 1.23% y 7.71%, y presentan una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el testigo de 11.43% y 7.17%.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar estudios en la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones nativos y pregelatinizados de *Colocasia esculenta* en las diferentes provincias de la región, así como su aplicación en la industria de alimentos.
- Realizar investigaciones tomando el método de la modificación física, utilizando diferentes temperaturas y tiempos de gelatinización.
- Se recomienda la incorporación de este almidón en formulaciones donde se requiera un desarrollo rápido de viscosidad, con una máxima dispersabilidad y solubilidad, sin que se requiera para ello de un proceso de cocción, como por ejemplo, bebidas instantáneas, pudines, rellenos para productos de pastelería, etc.
- Proponer a las autoridades competentes realizar estudios de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de almidones pregelatinizados, así mismo que aproveche residuos restantes de la pituca y otros productos nativos para elaboración de alimento balanceado para ganado porcino, con la finalidad de generar un valor agregado a las materias primas que se produce de forma natural en la región amazonas.
- Implementar modelos de transferencia de tecnología que permita a los pequeños cultivadores de pituca beneficiarse no solo de la investigación aquí propuesta, sino de otros proyectos relacionados con el tema en torno al cultivo de pituca.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 1983. *Approved Methods of Analysis*. The American Association of Cereal Chemists of St, Paul, MN.
- AACC. 1993. *Cereal Laboratory Methods*. The American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of St. Paul, MN*. Vol I y II.
- AACC. 2000. *American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of St. Paul, MN*. Vol. 11.
- Amos A. 1969. *Manual de la industria de alimentos*. Editorial Acribia Zaragoza España.
- Anderson R. A. 1993. *Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll – cooked small grain products*. *Cereal Chem.*
- Badui S. 1999. *Química de los Alimentos*. 3ra Edición, Editorial Alhambra Mexicana. México. pp.429.
- Balagopalan C; Padmaja G; Nanda SK y Moorthy SN. 1988. *Cassava in food, feed and industry*. CRC Press, Boca Raton, FL, E.U. pp: 205.
- Bello-Pérez L. A., Pano de León Y., Agama-Acevedo E. y Paredes-López O. 1998. *Aislamiento y la caracterización parcial de almidones de amaranto y almidones de plátano*. *Almidón*, 50: 409-413.
- Bello – Pérez L. A., P. Roger., B. Baud and P. Colona. 1998. *Macromolecular features of starches determined by aqueous High-performance size exclusion chromatography*. *Journal of Cereal Science*. pp. 267 – 278.
- Bello-Pérez L. A. y Paredes-López O. 1999. *El almidón: Lo comemos, pero no lo Conocemos*. *Ciencia*, 50: 29-33. México.
- Bello y Pérez. 2002. *Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano Musa paradisiaca L. (Var. Macho)*. *Agrociencia*; 36:169-180.

- Bello-Pérez L. A., Rendón-Villalobos J. R., Agama-Acevedo E. e Islas-Hernández J.J.2006. In vitro starch digestibility of tortillas elaborated by different masa preparation procedures. *Cereal Chemistry*, 83: 188-193.
- BeMiller J.N. 1997. *Starch Modification. Challenges and Prospects* Satrch.
- Bonazzi C.E., Dumoulin A., Raoult – Wack Z., Berk J. J., Bimbent F., Courtois G., Trystram and J. Vasseur. 1996. Food drying and dewatering. *Drying Technol.*14: 2135 – 2170.
- Buléon A., Colonna P., Planchot V. y Ball S. 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*. 23: 85-112.
- Cheftel C. 1976. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Editorial Acribia Zaragoza – España.
- Chen J y J. Jane. 1999. Preparation of granular cold – water - soluble starches prepared by alcoholic alkaline treatment. *Cereal chemistry*. 71: 618 – 626.
- Choi O.J., and Ko M.S. 1984. A study of microwave heating on starch food. I. The physicochemical effects of microwave heating on potato starch and purified potato starch. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*
- Colonna P., Buleon A. and Mercier C. 1987. *Physically Modified Starches in Starch: Properties and Potential*. John Wiley and Sons, Chichester. Pp: 79-114
- Curá J. A., Jansson P. E. y Krisman C. R. 1995. Amylose is not strictly linear. *Starch/Stärke*. 47: 207-209.
- Fannon J.E, Hauber R J, Bemiller J.1992. Surface pores of starch granules. *Cereal chemistry*. 69: 284-288.
- Fleche G. 1985. *Chemical Modification and Degradation of Starch*. En: *Starch Conversion Technology*, (G. M. Van Beynum y J. A. Roel, eds.), Pp 73-87. USA.

- French D. 1984. Organization of Starch Granules. En Whistler R.L. (Ed.), Starch: Chemistry and Technology. Segunda Edición.: Academic press.
- Gonzales Z. and Perez E. 2002. Effect of the modified on some properties of rice starch. Starch. Pp: 148-154
- Gonzales, Z y Pérez, E. 2003. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pregelatinizados y calentados con microondas. Instituto de ciencia y tecnología de alimentos – Caracas.
- Halden, K., A. A. P. de Alvis, and P. J. Freyer. 1990. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating. Int, J. Food Sci. Technol 25: 9 -25.
- Hoover, R, 2002. Effect of heat – moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches, Carboh. Polym. 425 – 437.
- Hosney R C. 1980. Principios de ciencia y tecnología de cereales. Editorial Acribia, S. A. pp: 31-39.
- Imberty A. and S.A. Perez. 1988. A revise to three – dimensional structure of B – type starches. Biopolymers 27. 1205 – 1027.
- ISI. 1999. Determination of Ph in starch and syrup. Laboratory methods. Science Park, Aarhus. Dinamarca.
- León, J. (1989). Botánica de los cultivos tropicales. pp.386. IICA. Sn José, Costa Rica.
- López O., García M.A. 2001. Comportamiento reológico y retrogradación de pastas de almidones de maíz nativo y modificado. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Universidad Nacional la Plata. Pp.86-94.
- Martínez, F; López, M; Zazueta, J y Morales, E. (2005). Preparación y propiedades de almidones pregelatinizados de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y jícama (*Pachyrhiz erosus*) usando calentamiento óhmico Agrociencia – México. pp. 275 - 283.

- Myers A. M., Morell M. K., James M. G., y Ball S. G. 2000. Recent progress towards understanding biosynthesis of the amylopectin crystal. *Plant Physiology*.
- Myllarinen P, Buleon A, Lahtinen R, Forssell P. 2002. The crystallinity of amylose and amylopectin films. *Carbohydrate polymers*. 48: 41-48
- Miles M. J., V. J. Morris., P. D. Orford., and S. d. Ring. 1985a. The roles of amylose and amilopectina in the gelation and retrogradati3n of starch. *Carbohydrates Research*. Miles, 271 – 281.
- Miles M.J., V. J. Morris., P. D. Orford., and S, d. Ring. 1985b. Gelation of amylose. *Carbohydrates Research*. 257 – 269.
- Mor3n Ch. 1983. La pituca: informaci3n b3sica sobre su cultivo UNALM. Per3,70p
- N3ñez, R. (1989). Sustituci3n parcial de la harina de trigo por la harina d pituca en la elaboraci3n de panes enriquecidos con hidrolizado de pescado. Tesis U.N.F.V. Per3.
- Paredes - L3pez O. 1989. Amaranth starch isolation and partial characterization. *Starch*.
- Rinc3n. 2004. Almid3n nativo de *Arracacia xanthorriza* “arracacha” (Editorial Alhambra Mexicana. M3xico. pp. 289-298.
- Rivas G. Mayra. 2006. Caracterizaci3n fisicoqu3mica y molecular de almid3n de pl3tano (*Musa paradisiaca*. L.var Macho) modificado por m3todos qu3micos. M3xico.
- Rob3n J. P., Mercier C., Charbonniere R. y Guilbot A. 1974. Lintnerized starches. Gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. *Cereal Chemistry*, 51: 389-406.
- Rodr3guez D., Magali Espitia., Yenith E., Caicedo Yubely E., C3rdoba Yolima Baena y Claudia E. Mora. 2005. Caracterizaci3n de algunas propiedades fisicoqu3micas y farmacot3cnicas del almid3n de arracacha (*Arracacia*

- xanthorrhiza*). Revista colombiana. Facultad de ciencias químicas y farmacia. Vol 34. Pp. 140-146.
- Rutenberg R. W. y Solarek D. (1984). Starch derivatives. Production and uses. En: Starch Chemistry and Technology, (R. L. Wistler, J. N. BeMiller y E. F. Paschall, eds.), Pp. 312- 388. Academic Press, New York, USA.
 - Sánchez G. I. 2007. Propiedades fisicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión. México D.F. Tesis para optar el grado de maestro en tecnología avanzada. Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. I. P. N.
 - Singh J. and Singh N. 2003. Studies on the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and potato starches. FH. 17 (1).
 - Singh J., Kaur L. y McCarthy O. J. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications. A review. Food Hydrocolloids, 21: 1-22.
 - Tester R. F., Karkalas J. y Qi. X. 2004. Starch: Composition, fine structure and architecture. Journal of Cereal Science, 39: 151-165.
 - Thomas D. J y Atwell W. A. 1999. Starches: practical Guides for the food Industry. Eagan press Handbook Series AACC, St. Paul, Minnesota. USA.
 - Tovar, J. (1996). Almidones resistentes: Propiedades, análisis, producción e interés industrial. Conferencia Internacional de Almidón, Quito, Ecuador, pp. 213-218.
 - Wierick - Whistler R., and Bamunuarachi. 1997. Water binding capacity of commercially produced native and modified starches. 306 – 309.

ANEXOS

ANEXO 1

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y FUNCIONALES REALIZADOS EN ALMIDONES PREGELATINIZADOS DE *Colocasia esculenta*.

Anexo 1.1: Método empleado en la determinación de humedad

Este análisis se realizó utilizando una balanza de humedad. (Adam Equipment, 2004), mediante un proceso de secado y eliminación del agua libre y semi ligada del producto. Tomando nota el porcentaje final de la humedad de la muestra, mostrada en la pantalla del equipo Este análisis se hizo al almidón nativo y almidón pregelatinizado.

Anexo 1.2: Método empleado en la determinación de pH

Este análisis se realizó utilizando el pH – metro microprocesador Q400MT calibrado, donde se procedió a disolver 10g de muestra en 100mL de agua destilada, en un vaso de precipitación, se filtró la solución para luego obtener el pH introduciendo el electrodo en el filtrado. Luego la opción pH elegida aparece en la pantalla del pH – metro y se presionó Enter, dejando que se estabilice el valor de pH en la pantalla hasta que aparezca la palabra OK, finalmente se registraron los datos en la tabla respectiva. Este análisis se hizo al almidón nativo y almidón pregelatinizado.

Anexo 1.3: Método empleado en la determinación de acidez titulable

Este análisis se determino basando en una titulación con NaOH al 0.1N, se coloco aproximadamente 1g de almidón y 9mL de agua destilada en un matraz erlenmeyer de 250mL, posteriormente se incorporo 3 gotas de fenolftaleína al 1% y se titulo con NaOH al 0.1N, hasta obtener una coloración rosada. Este análisis se hizo al almidón nativo y almidón pregelatinizado. La acidez titulable se expresó como porcentaje mediante la siguiente ecuación.

$$\%Acidez = \frac{N.V.peX}{W} * 100$$

Donde: N = Normalidad de la solución de NaOH

V = mL de NaOH gastados en la titulación

peX = Peso mili equivalente del acido orgánico X (acido láctico)

W = Peso de la muestra

Anexo 1.4: Método empleado en la determinación de fibra total

Este análisis se realizó utilizando el Extractor para fibra Fibertest F – 6, se colocó 1g de almidón dentro del crisol previamente tarado (W1), luego se trasladó el almidón con el crisol a la unidad Fibertest y se bajó la palanca de cierre hasta su tope, una vez fijados los crisoles en la unidad Fibertest, se extrajo el manipulador. Después se colocó por la parte superior del refrigerante 150mL de H₂SO₄ 0.128M, precalentado a 90 – 100 °C y se dejó en ebullición durante 30 minutos. Después se filtró y se hizo el lavado con 30mL agua desionizada introduciéndola por la parte superior del refrigerante y succionándola, la operación se repitió por 3 veces. Luego se agregó por la parte superior del refrigerante 150mL de hidróxido potásico precalentado a 90 – 100°C y se dejó en ebullición durante 30 minutos donde se filtró y lavó 3 veces con agua desionizada. Después se retiró los crisoles de la unidad y se colocó en una estufa de secado a una temperatura de 130°C durante 2 horas luego se pesó los crisoles (W2) y finalmente se llevó a incinerar el almidón de los crisoles a 500 °C durante 3 horas en la mufla, luego se dejó enfriar los crisoles lentamente hasta 100°C donde después se pesó los crisoles (W3). La fibra se expresó como porcentaje mediante la siguiente ecuación.

$$\%Fibra\ cruda = \frac{W2 - W3}{W1} * 100$$

Anexo 1.5: Método empleado en la determinación de grasa total

El contenido de grasa total fue determinada por el método de Soxhlet, que consiste en poner a peso constante un matraz Soxhlet (W1), pesar 5g de almidón (W2), se envuelve con papel filtro y se coloca en un cartucho de extracción, se monta el equipo y se añade 150mL de éter de petróleo al matraz para luego ser sifoneado hacia el balón. Se enciende el equipo y se deja hervir por 3 horas aproximadamente, terminada la extracción se apaga el equipo y se evapora el solvente sobrado colocando en la fuente de calor del equipo, se enfría en un desecador, luego se pesa el balón (W3), y se calcula el % de grasa según la ecuación.

$$\%Grasa = \frac{W3 - W1}{W2} * 100$$

Anexo 1.6: Método empleado en la determinación de proteínas

El contenido de proteínas fue determinada por el método de kjeldahl por dos operaciones:

Digestión: Se enciende el equipo compacto de digestión MBC/02 y se selecciona a 420°C la temperatura de trabajo donde se colocó dentro del tubo del equipo, 1g de almidón y a continuación se añade 5g de catalizador y 15mL de H₂SO₄ concentrado a los tubos de digestión respectivamente, luego se coloca el colector de humos y se enciende la campana extractora. Después se coloca los tubos al sistema calefactor, cuando este ha alcanzado la temperatura de trabajo se espera un tiempo de 45 minutos a 1 hora hasta que termine la digestión, el material contenido en el tubo se presento de color verde esmeralda traslucido, lo cual indicó el final de la digestión. Después se retiró los tubos del sistema calefactor y se deja enfriar hasta aproximadamente 60 – 80°C, luego se agregó inmediatamente 75mL de agua destilada y dejando a enfriar los tubos hasta temperatura ambiente.

Destilación: Posterior se colocó el tubo de muestra en el soporte del destilador de nitrógeno DNP – 2000, para la destilación; se conecta el tubo al destilador y se añade 80mL de NaOH al 40% al tubo de la muestra. En un matraz de 250 ml agregamos 25 ml de solución (acido bórico + indicador mixto) y sumergiendo el tubo de salida del destilador. Para ello se esperó que el destilado alcance 150mL tomando una coloración verde claro y valorar el destilado con una solución de HCl 0.25 para la titulación, se anota el volumen gastado y se procedió a calcular el % de proteína encontrado en la muestra, siguiendo la siguiente ecuación.

$$\%Proteína = \frac{6.25 \times 0.014 \times 0.25 \times V_{gast}(HCl)}{g. muestra} * 100$$

Donde: Factor N: 6.25

Acido clorhídrico N: 0.25

Anexo 1.7: Método seguido para determinar los Sólidos totales solubles (°Brix):

Para determinar el °Brix se determino siguiendo el método del refractómetro donde se pesaron 2g de almidón pregelatinizado en base seca / 12.5mL de agua destilada en un vaso de precipitación de 40mL, la solución fue agitada vigorosamente hasta tener una mezcla homogénea, finalmente el vaso de

precipitación de 40mL con la solución fue sometida a un baño maría a 80°C hasta que el almidón se gelatinice, posteriormente se agregó una gota en el refractómetro previamente enfriada y se hizo la lectura correspondiente.

Anexo 1.8: Método empleado en la determinación de ceniza

Este análisis se realizó utilizando el método gravimétrico, donde se pesa el crisol precalentado y enfriado (W1), luego se colocó 1g de almidón dentro del crisol, se pesa el crisol con el almidón (W2), se colocó en una cocina eléctrica hasta carbonizar por 20 minutos, para impedir salpicaduras cuando el crisol trasladado a la mufla a una temperatura de 550°C por un tiempo de 2 horas, hasta que el carbón se haya quemado. Después se pesó el crisol y la ceniza obtenida (W3) en una balanza analítica con precisión de 0.001g. Luego se procedió a calcular el % de ceniza, siguiendo la siguiente ecuación.

$$\%Cenizas = \frac{W3 - W1}{W2 - W1} * 100$$

Anexo 1.9: Método seguido para determinar el tiempo de gelatinización

Para determinar el tiempo de gelatinización, se pesaron 0,4g de almidón pregelatinizado en base seca / 5mL de agua en un tubo de ensayo de 16 x 150mm, la solución fue agitada vigorosamente hasta tener una mezcla homogénea, finalmente el tubo con la solución fue sometida a un baño maría a 80°C hasta que el almidón no resbale por las paredes del tubo, con la ayuda de un cronómetro digital se determinó el tiempo gelatinización.

Anexo 1.10: Método utilizado para determinar la temperatura de gelatinización

Para determinar la temperatura de gelatinización, en un tubo de ensayo de 16 x 150mm, se pesaron 0,4g de almidón en base seca / 5mL de agua, la solución fue agitada vigorosamente hasta tener una mezcla homogénea, seguidamente el tubo con la solución fue sometida a un baño maría a 80°C hasta que el almidón no resbale por las paredes del tubo, en ese momento con la ayuda de un termómetro se midió la temperatura a la cual gelatiniza el almidón.

Anexo 1.11: Método empleado para determinar viscosidad

El análisis de viscosidad se realizó empleando el viscosímetro (Brookfield) utilizando el spin N° 2; 3 y a una velocidad angular de 60 RPM; se pesaron 6gr de almidón en base seca/ 120mL de agua destilada, seguidamente la solución fue agitada con la ayuda de una bagueta para luego llevarlo al agitador magnético donde la muestra fue agitada y calentada al mismo tiempo a 50°C; 55°C; 60°C; 65°C; 70°C; 75°C; 80°C; 85°C; 90°C, y donde se midió la viscosidad por cada temperatura.

Anexo 1.12: Método utilizado para determinar Sinéresis

Para evaluar sinéresis empleó el método descrito por Hosney, (1980); con algunas modificaciones, en un tubo de ensayo de 16 x150mL, se pesaron 0.8gr de almidón en base seca/5mL de agua destilada, la solución fue agitada y llevada a un baño maría a 85°C hasta gelifique, finalmente la muestra fue enfriada y colocada en refrigeración a una temperatura de 4°C por 15días, donde se evaluó cualitativamente la presencia o no de liberación de agua.

Anexo 1.13: Método utilizado para determinar Retrogradación

Para determinar la retrogradación, se tomó el método descrito por Hosney, (1980); con algunas modificaciones, en vasos de plástico de 150mL, se pesaron 5gr de almidón en base seca/50mL de agua destilada, las soluciones fueron agitadas y llevadas a un baño maría a 85°C hasta gelifiquen, las muestras se enfriaron y colocaron en congelación a una temperatura de 0°C por 15días, finalmente cada 24 horas las muestras se descongelaron y se evaluó cualitativamente la presencia o no de la formación de cristales y el desprendimiento de agua.

Anexo 1.14: Método seguido para determinar la estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón

La estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón fue evaluada durante 6 días para esta evaluación se utilizó vasos de plástico de 150mL, se pesaron 8g de almidón en base seca/80mL de agua destilada, la solución (almidón/agua) se agito hasta tener mezcla homogénea, luego fue sometida a un baño maría a 90°C por 10minutos, las muestras se enfriaron y

se colocaron en congelación a una temperatura de -15°C por 6 días; a las 48 horas, las muestras fueron descongeladas a 30°C y se midió la viscosidad para determinar su estabilidad, finalmente las muestras nuevamente fueron colocadas en congelación.

Anexo 1.15: Método utilizado para determinar capacidad de retención de agua (CRA)

Para determinar la capacidad de retención de agua, en tubos de ensayo se pesaron 2g de carne, 0,2g de almidón en base seca y 4mL de agua destilada, las solución fue agitada vigorosamente hasta tener una mezcla homogénea, luego fueron llevadas a un baño maría a 90°C por 15 minutos, seguidamente las muestras se enfriaron y se centrifugaron a 3500RPM x 15 minutos. Finalmente a las muestras con la ayuda de una pipeta fueron medidos el volumen de agua perdida y por diferencia determinar el % de CRA de cada tratamiento.

Anexo 1.16: Método utilizado para determinar el índice de solubilidad de agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH)

Para determinar el ISA y el PH, en tubos de ensayo se pesaron 0.8gr de almidón en base seca y 5mL de agua destilada, las solución fue agitada vigorosamente hasta tener una mezcla homogénea, luego fueron llevadas a un baño maría a 90°C por 15 minutos, seguidamente las muestras se enfriaron y se centrifugaron a 3500RPM x 15 minutos. Después se decantaron el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto), se pesaron el gel y se midieron el volumen y luego el sobrenadante se colocaron en una placa petri (previamente pesado) y se llevaron a secar a una estufa a 70°C por 24 horas y finalmente se pesaron la placa petri con los insolubles. Los cálculos se hicieron por medio de dos formulas usadas por Anderson et al., (1969).

$$\text{Índice de solubilidad de agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g) base seca}}$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra(g)bs} - \text{Peso solubles (g)}}$$

ANEXO 2

Anexo 2.1. Valores del rendimiento del almidón nativo extraído de la pituca expresado en gramos.

Repetición	A1			A2			A3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	60.02	60.02	60.00	60.07	60.00	59.98	60.01	60.00	60.00
R2	60.02	59.98	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
R3	59.96	60.00	60.00	59.93	60.00	60.02	59.99	60.00	60.00
ΣXi	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Promedio	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00

Anexo 2.2. Valores promedio del rendimiento del almidón nativo analizados estadísticamente (SPSS)

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	60.0000	a	0.00667
	65°C	60.0000	a	0.01213
	68°C	60.0000	a	0.00167
B	12 minutos	60.0000	a	0.01312
	15 minutos	60.0000	a	0.00333
	18 minutos	60.0000	a	0.00333
Tratamientos	62°C + 12	60.0000	a	0.02000
	62°C + 15	60.0000	a	0.01155
	62°C + 18	60.0000	a	0.00000
	65°C + 12	60.0000	a	0.04041
	65°C + 15	60.0000	a	0.00000
	65°C + 18	60.0000	a	0.01155
	68°C + 12	60.0000	a	0.00577
	68°C + 15	60.0000	a	0.00000
68°C + 18	60.0000	a	0.00000	

Anova $p > 0.05$. Letras iguales indican diferencia no significativa, Prueba Tukey.

Anexo 2.3. Resultado del análisis estadístico del rendimiento del almidón nativo.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
3.306	8	18	0.017

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Rendimiento.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	0.000	8	0.000	0.000	1.000
A	0.000	2	0.000	0.000	1.000
B	0.000	2	0.000	0.000	1.000
A * B	0.000	4	0.000	0.000	1.000
Error	0.014	18	0.001		
Total corregida	0.014	26			

a. R cuadrado = .000 (R cuadrado corregida = -.444)

B. Grado de significancia utilizando la prueba de Tukey aplicado al rendimiento del almidón nativo.

A	N	Subconjunto
		1
65°C	9	60.0000
62°C	9	60.0000
68°C	9	60.0000
Significación		1.000

B	N	Subconjunto
		1
12 minutos	9	60.0000
15 minutos	9	60.0000
18 minutos	9	60.0000
Significación		1.000

C. Subconjunto homogéneo para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al rendimiento del almidón nativo.

Tratamientos	N	Subconjunto
		1
62°C+12	3	60.0000
62°C+15	3	60.0000
62°C+18	3	60.0000
65°C+12	3	60.0000
65°C+15	3	60.0000
65°C+18	3	60.0000
68°C+12	3	60.0000
68°C+15	3	60.0000
68°C+18	3	60.0000
Significación		1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 3

Anexo 3.1. Valores de humedad del almidón nativo extraído de la pituca (*Colocasia esculenta*) en porcentaje.

Repetición	A1			A2			A3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	7.71	7.83	7.44	6.86	7.13	7.39	7.94	7.75	7.87
R2	7.75	7.86	6.67	7.85	7.85	7.75	7.36	7.60	7.76
R3	7.25	7.25	7.73	7.66	7.66	6.58	6.75	6.76	6.66
ΣX_i	22.71	22.84	21.84	22.37	22.64	21.72	22.05	22.11	22.29
Promedio	7.57	7.65	7.28	7.46	7.55	7.24	7.35	7.37	7.43

Anexo 3.2. Valores promedio de humedad del almidón nativo analizados estadísticamente.

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	7.4989	a	0.12993
	65°C	7.4144	a	0.15356
	68°C	7.3833	a	0.17414
B	12 minutos	7.4589	a	0.14372
	15 minutos	7.5211	a	0.12921
	18 minutos	7.3167	a	0.17772
Tratamientos	62°C + 12	7.5700	a	0.16042
	62°C + 15	7.6467	a	0.19852
	62°C + 18	7.2800	a	0.31628
	65°C + 12	7.4567	a	0.30333
	65°C + 15	7.5467	a	0.21543
	65°C + 18	7.2400	a	0.34598
	68°C + 12	7.3500	a	0.34356
	68°C + 15	7.3700	a	0.30806
	68°C + 18	7.4300	a	0.38631

Anova $p > 0.05$. Letras iguales indican diferencia no significativa, Prueba Tukey.

Anexo 3.3. Resultado del análisis estadístico de humedad del almidón nativo.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
0.611	8	18	0.757

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Humedad.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	0.448	8	0.056	0.214	0.984
A	0.064	2	0.032	0.123	0.885
B	0.198	2	0.099	0.378	0.691
A * B	0.186	4	0.047	0.178	0.947
Error	4.713	18	0.262		
Total corregida	5.161	26			

a. R cuadrado = .087 (R cuadrado corregida = -.319)

B. Grado de significancia utilizando la prueba de tukey aplicado a la humedad del almidón nativo.

A	N	Subconjunto
		1
68°C	9	7.3833
65°C	9	7.4144
62°C	9	7.4989
Significación		0.882

B	N	Subconjunto
		1
18 minutos	9	7.3167
12 minutos	9	7.4589
15 minutos	9	7.5211
Significación		0.679

C. Subconjunto homogéneo para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la humedad del almidón nativo.

Tratamientos	N	Subconjunto
		1
65°C+18	3	7.2400
62°C+18	3	7.2800
68°C+12	3	7.3500
68°C+15	3	7.3700
68°C+18	3	7.4300
65°C+12	3	7.4567
65°C+15	3	7.5467
62°C+12	3	7.5700
62°C+15	3	7.6467
Significación		0.984

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .262.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 4

Anexo 4.1. Valores de pH del almidón nativo extraído de la pituca (*Colocasia esculenta*).

Repetición	A1			A2			A3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	5.48	5.37	5.56	5.57	5.41	5.49	5.46	5.45	5.46
R2	5.53	5.46	5.48	5.41	5.32	5.28	5.16	5.47	5.45
R3	5.41	5.34	5.43	5.51	5.45	5.46	5.40	5.48	5.36
ΣX_i	16.42	16.17	16.47	6.49	16.19	16.23	16.02	16.40	16.27
Promedio	5.47	5.39	5.49	5.50	5.40	5.41	5.34	5.47	5.42

Anexo 4.2. Valores promedio de pH del almidón nativo analizados estadísticamente (SPSS)

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	5.4511	a	0.02383
	65°C	5.4333	a	0.03032
	68°C	5.4100	a	0.03371
B	12 minutos	5.4367	a	0.03972
	15 minutos	5.4167	a	0.01986
	18 minutos	5.4411	a	0.02674
Tratamientos	62°C + 12	5.4733	a	0.03480
	62°C + 15	5.3900	a	0.03606
	62°C + 18	5.4900	a	0.03786
	65°C + 12	5.4967	a	0.04667
	65°C + 15	5.3933	a	0.03844
	65°C + 18	5.4100	a	0.06557
	68°C + 12	5.3400	a	0.09165
	68°C + 15	5.4667	a	0.00882
68°C + 18	5.4233	a	0.03180	

Anova $p > 0.05$. Letras iguales indican diferencia no significativa, Prueba Tukey.

Anexo 4.3. Resultado del análisis estadístico de pH del almidón nativo.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
2.429	8	18	0.056

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: pH.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratam	0.068	8	0.009	1.196	0.355
A	0.008	2	0.004	0.537	0.594
B	0.003	2	0.002	0.214	0.809
A * B	0.058	4	0.014	2.016	0.135
Error	0.128	18	0.007		
Total corregida	0.197	26			

a. R cuadrado = .347 (R cuadrado corregida = .057)

B. Grado de significancia utilizando la prueba de Tukey aplicado al pH del almidón nativo.

A	N	Subconjunto
		1
68°C	9	5.4100
65°C	9	5.4333
62°C	9	5.4511
Significación		0.566

B	N	Subconjunto
		1
15 minutos	9	5.4167
12 minutos	9	5.4367
18 minutos	9	5.4411
Significación		0.814

C. Subconjunto homogéneo para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al pH del almidón nativo.

Tratamientos	N	Subconjunto
		1
68°C+12	3	5.3400
62°C+15	3	5.3900
65°C+15	3	5.3933
65°C+18	3	5.4100
68°C+18	3	5.4233
68°C+15	3	5.4667
62°C+12	3	5.4733
62°C+18	3	5.4900
65°C+12	3	5.4967
Significación		0.405

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .007.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 5

Anexo 5.1. Valores de acidez titulable del almidón nativo extraído de la pituca expresado en porcentaje.

Repetición	A1			A2			A3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	0.36	0.45	0.27	0.45	0.45	0.45	0.36	0.45	0.36
R2	0.36	0.45	0.36	0.27	0.36	0.36	0.45	0.36	0.36
R3	0.36	0.45	0.36	0.36	0.45	0.36	0.45	0.45	0.45
ΣX_i	1.08	1.35	0.99	1.08	1.26	1.17	1.26	1.26	1.17
Promedio	0.36	0.45	0.33	0.36	0.42	0.39	0.42	0.42	0.39

Anexo 5.2. Valores promedio de acidez titulable del almidón nativo analizada estadísticamente (SPSS)

Factores	Tratamientos	Media		Error típica de la media
A	62°C	0.3800	a	0.02000
	65°C	0.3900	a	0.02121
	68°C	0.4100	a	0.01581
B	12 minutos	0.3800	a	0.02000
	15 minutos	0.4300	a	0.01323
	18 minutos	0.3700	a	0.01803
Tratamientos	62°C + 12	0.3600	a	0.00000
	62°C + 15	0.4500	a	0.00000
	62°C + 18	0.3300	a	0.03000
	65°C + 12	0.3600	a	0.05196
	65°C + 15	0.4200	a	0.03000
	65°C + 18	0.3900	a	0.03000
	68°C + 12	0.4200	a	0.03000
	68°C + 15	0.4200	a	0.03000
	68°C + 18	0.3900	a	0.03000

Anova $p > 0.05$. Letras iguales indican diferencia no significativa, Prueba Tukey.

Anexo 5.3. Resultado del análisis estadístico de acidez titulable del almidón nativo

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
2.400	8	18	0.059

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Acidez.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratam	0.035	8	0.004	1.611	0.190
A	0.004	2	0.002	0.778	0.474
B	0.019	2	0.009	3.444	0.054
A * B	0.012	4	0.003	1.111	0.382
Error	0.049	18	0.003		
Total corregida	0.083	26			

a. R cuadrado = .417 (R cuadrado corregida = .158)

B. Grado de significancia utilizando la prueba de tukey aplicado a la acidez del almidón nativo.

A	N	Subconjunto
		1
62°C	9	0.3800
65°C	9	0.3900
68°C	9	0.4100
Significación		0.454

B	N	Subconjunto
		1
18 minutos	9	0.3700
12 minutos	9	0.3800
15 minutos	9	0.4300
Significación		0.061

C. Subconjunto homogéneo para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la acidez del almidón nativo.

Tratamientos	N	Subconjunto
		1
62°C+18	3	0.3300
62°C+12	3	0.3600
65°C+12	3	0.3600
65°C+18	3	0.3900
68°C+18	3	0.3900
65°C+15	3	0.4200
68°C+12	3	0.4200
68°C+15	3	0.4200
62°C+15	3	0.4500
Significación		0.174

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .003.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 6

Anexo 6.1. Valores de ceniza del almidón nativo extraído de la pituca expresado en porcentaje.

Repetición	A1			A2			A3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	0.85	0.90	0.75	0.92	0.83	0.89	0.94	0.81	0.80
R2	0.79	0.90	0.90	0.97	0.90	0.91	0.95	0.84	0.87
R3	0.90	0.90	0.81	1.12	0.92	0.90	0.91	0.91	1.00
ΣX_i	2.54	2.70	2.46	3.01	2.65	2.70	2.80	2.56	2.67
Promedio	0.85	0.90	0.82	1.00	0.88	0.90	0.93	0.85	0.89

Anexo 6.2. Valores promedio de ceniza del almidón nativo analizados estadísticamente.

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	0.8556	a	0.01952
	65°C	0.9289	a	0.02679
	68°C	0.8922	a	0.02247
B	12 minutos	0.9278	a	0.03017
	15 minutos	0.8789	a	0.01348
	18 minutos	0.8700	a	0.02461
Tratamientos	62°C + 12	0.8467	a	0.03180
	62°C + 15	0.9000	a	0.00000
	62°C + 18	0.8200	a	0.04359
	65°C + 12	1.0033	a	0.06009
	65°C + 15	0.8833	a	0.02728
	65°C + 18	0.9000	a	0.00577
	68°C + 12	0.9333	a	0.01202
	68°C + 15	0.8533	a	0.02963
	68°C + 18	0.8900	a	0.05859

Anova $p > 0.05$. Letras iguales indican diferencia no significativa, Prueba Tukey.

Anexo 6.3. Resultado del análisis estadístico de ceniza del almidón nativo.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
2.792	8	18	0.034

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ceniza.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	0.069	8	0.009	2.205	0.078
A	0.024	2	0.012	3.088	0.070
B	0.017	2	0.009	2.223	0.137
A * B	0.028	4	0.007	1.755	0.182
Error	0.071	18	0.004		
Total corregida	0.140	26			

a. R cuadrado = .495 (R cuadrado corregida = .271)

B. Grado de significancia utilizando la prueba de Tukey aplicado a la ceniza del almidón nativo.

A	N	Subconjunto
		1
62°C	9	0.8556
68°C	9	0.8922
65°C	9	0.9289
Significación		0.057

B	N	Subconjunto
		1
18 minutos	9	0.8700
15 minutos	9	0.8789
12 minutos	9	0.9278
Significación		0.152

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la ceniza del almidón nativo.

Tratamientos	N	Subconjunto	
		2	1
62°C+18	3	0.8200	
62°C+12	3	0.8467	0.8467
68°C+15	3	0.8533	0.8533
65°C+15	3	0.8833	0.8833
68°C+18	3	0.8900	0.8900
62°C+15	3	0.9000	0.9000
65°C+18	3	0.9000	0.9000
68°C+12	3	0.9333	0.9333
65°C+12	3		1.0033
Significación		0.435	0.114

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .004.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 7

Anexo 7.1. Valores de fibra total, grasa total y proteína total de los mejores tratamientos expresado en porcentaje.

Repetición	Almidón nativo						Almidón pregelatinizado					
	Testigo 1			Testigo 2			T4: A2 = 65 °C + B1 = 12'			T6: A2 = 65 °C + B3 = 18'		
	Fibra	Grasa	Proteína	Fibra	Grasa	Proteína	Fibra	Grasa	Proteína	Fibra	Grasa	Proteína
R1	0.67	6.88	5.68	0.67	5.74	5.22	2.17	5.39	5.01	1.88	4.79	4.93
R2	0.72	7.08	5.74	0.58	5.92	5.14	2.03	5.45	4.90	1.92	4.85	4.87
R3	0.71	7.04	5.83	0.64	5.77	5.10	2.10	5.35	5.18	1.90	4.85	4.90
ΣXi	2.10	21.00	17.25	1.89	17.43	15.46	6.30	16.19	15.09	5.70	14.49	14.70
Promedio	0.70	7.00	5.75	0.63	5.81	5.15	2.10	5.40	5.03	1.90	4.83	4.90

Anexo 7.2: Interpretación estadística utilizando la prueba T - Student para las muestras de Fibra total, grasa total y proteína total.

Prueba T - Student	I	II	I	II	I	II
	Testigo 1	T4	Testigo 1	T4	Testigo 1	T4
	Fibra	Fibra	Grasa	Grasa	Proteína	Proteína
Media	0.7	2.1	7	5.396666667	5.75	5.03
P(T<=t) una cola	0.00000		0.0000		0.001	
Significancia	I<II (p=0.000<0.05)		I>II		I>II	
Prueba T - Student	I	II	I	II	I	II
	Testigo 2	T6	Testigo 2	T6	Testigo 2	T6
	Fibra	Fibra	Grasa	Grasa	Proteína	Proteína
Media	0.63	1.9	5.81	4.83	5.153333333	4.9
P(T<=t) una cola	0.0000008		0.00004		0.001	
Significancia	I<II		I>II		I>II	

Anexo 7.3. Análisis estadístico utilizando la prueba T - Student de los valores promedio de Fibra, grasa y proteína.

Prueba T - Student	I	II	I	II	I	II
	Testigo 1	T4	Testigo 1	T4	Testigo 1	T4
	Fibra	Fibra	Grasa	Grasa	Proteína	Proteína
Media	0.7	2.1	7	5.396666667	5.75	5.03
Varianza	0.0007	0.0049	0.0112	0.002533333	0.0057	0.0199
Observaciones	3	3	3	3	3	3
Grados de libertad	4		4		4	
Estadístico t	-32.40370349		23.69716914		7.794228634	
P(T<=t) una cola	0.00000		0.0000		0.001	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786		2.131846786		2.131846786	
P(T<=t) dos colas	0.00001		0.0000		0.001	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105		2.776445105		2.776445105	
Significancia	I<II		I>II		I>II	
Prueba t – student para dos muestras suponiendo varianzas iguales						

Prueba T - Student	I	II	I	II	I	II
	Testigo 2	T6	Testigo 2	T6	Testigo 2	T6
	Fibra	Fibra	Grasa	Grasa	Proteína	Proteína
Media	0.63	1.9	5.81	4.83	5.153333333	4.9
Varianza	0.0021	0.0004	0.0093	0.0012	0.003733333	0.0009
Observaciones	3	3	3	3	3	3
Grados de libertad	4		4		4	
Estadístico t	-43.99409051		16.56502339		6.446235866	
P(T<=t) una cola	0.0000008		0.00004		0.001	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786		2.131846786		2.131846786	
P(T<=t) dos colas	0.00000		0.00008		0.0030	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105		2.776445105		2.776445105	
Significancia	I<II		I>II		I>II	
Prueba t – student para dos muestras suponiendo varianzas iguales						

ANEXO 8

Anexo 8.1. Valores del rendimiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado expresado en porcentaje.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	78.33	85	86.67	95	93.33	86.67	95	86.28	86.95	66.00
R2	81.67	83.33	88.33	91.67	90	88.33	91.77	91.70	91.10	74.00
R3	85	86.67	83.33	95	91.67	86.67	91.78	91.72	88.45	70.00
ΣXi	245	255	258.33	281.67	275	261.67	278.55	269.70	265.50	210.00
Promedio	81.67	85.00	86.11	93.89	91.67	87.22	92.85	89.9	88.5	70.00

Anexo 8.2. Valores promedio de rendimiento del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media	Error típica de la media
A	62°C	84.2589	b
	65°C	90.9267	a
	68°C	90.5278	a
B	12 minutos	89.4689	a
	15 minutos	88.8556	a
	18 minutos	87.3889	a
Tratamientos	62°C + 12	81.6667	d
	62°C + 15	85.0000	cd
	62°C + 18	86.1100	bcd
	65°C + 12	93.8900	a
	65°C + 15	91.6667	abc
	65°C + 18	87.2233	abcd
	68°C + 12	92.8500	ab
	68°C + 15	89.9000	abc
	68°C + 18	88.8333	abcd
Testigo		70.0000	e

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 8.3. Análisis estadístico del rendimiento de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
0.766	9	20	0.648

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Rendimiento.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	1,310.136	9	145.571	23.672	0.000
A	251.752	2	125.876	20.469	0.000
B	20.561	2	10.281	1.672	0.213
A * B	106.630	4	26.658	4.335	0.011
Error	122.989	20	6.149		
Total corregida	1,433.125	29			

a. R cuadrado = .914 (R cuadrado corregida = .876)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de tukey aplicado al rendimiento, según factores (variable independiente)

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	70.0000		
62°C	9		84.2589	
68°C	9			90.5278
65°C	9			90.9267
Significación		1.000	1.000	0.992

B	N	Subconjunto	
		2	1
Testigo	3	70.0000	
18 minutos	9		87.3889
15 minutos	9		88.8556
12 minutos	9		89.4689
Significación		1.000	0.483

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al rendimiento, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto				
		2	3	4	5	1
Testigo	3	70.0000				
62°C+12	3		81.6667			
62°C+15	3		85.0000	85.0000		
62°C+18	3		86.1100	86.1100	86.1100	
65°C+18	3		87.2233	87.2233	87.2233	87.2233
68°C+18	3		88.8333	88.8333	88.8333	88.8333
68°C+15	3			89.9000	89.9000	89.9000
65°C+15	3			91.6667	91.6667	91.6667
68°C+12	3				92.8500	92.8500
65°C+12	3					93.8900
Significación		1.000	0.050	0.082	0.076	0.082

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 6.149.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 9

Anexo 9.1. Valores del tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	1.14	1.14	1.16	1.15	1.16	1.14	1.15	1.26	1.15	1.25
R2	1.12	1.16	1.12	1.10	1.15	1.10	1.20	1.30	1.22	1.34
R3	1.15	1.12	1.16	1.12	1.15	1.14	1.18	1.20	1.18	1.30
ΣXi	3.41	3.42	3.44	3.37	3.46	3.38	3.53	3.76	3.55	3.89
Promedio	1.14	1.14	1.15	1.12	1.15	1.13	1.18	1.25	1.18	1.30

Anexo 9.2. Valores promedio del tiempo de gelatinización de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente.

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	1.1411	c	0.00588
	65°C	1.1344	c	0.00747
	68°C	1.2044	b	0.01651
B	12 minutos	1.1456	b	0.01029
	15 minutos	1.1822	b	0.02005
	18 minutos	1.1522	b	0.01152
Tratamientos	62°C + 12	1.1367	c	0.00882
	62°C + 15	1.1400	c	0.01155
	62°C + 18	1.1467	c	0.01333
	65°C + 12	1.1233	c	0.01453
	65°C + 15	1.1533	c	0.00333
	65°C + 18	1.1267	c	0.01333
	68°C + 12	1.1767	bc	0.01453
	68°C + 15	1.2533	ab	0.02906
	68°C + 18	1.1833	bc	0.02028
Testigo		1.2967	a	0.02603

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 9.3. Análisis estadístico de tiempo de gelatinización del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
1.167	9	20	0.366

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Tiempo de gelatinización

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratam	0.090	9	0.010	11.351	0.000
A	0.027	2	0.013	15.265	0.000
B	0.007	2	0.003	3.902	0.037
A * B	0.006	4	0.001	1.629	0.206
Error	0.018	20	0.001		
Total corregida	41.432	30			

a. R cuadrado = .914 (R cuadrado corregida = .876)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado al tiempo de gelatinización, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
65°C	9	1.1344		
62°C	9	1.1411		
68°C	9		1.2044	
Testigo	3			1.2967
Significación		0.979	1.000	1.000

B	N	Subconjunto	
		2	1
12 minutos	9	1.1456	
18 minutos	9	1.1522	
15 minutos	9	1.1822	
Testigo	3		1.2967
Significación		0.175	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al tiempo de gelatinización, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		2	3	1
65°C+12	3	1.1233		
65°C+18	3	1.1267		
62°C+12	3	1.1367		
62°C+15	3	1.1400		
62°C+18	3	1.1467		
65°C+15	3	1.1533		
68°C+12	3	1.1767	1.1767	
68°C+18	3	1.1833	1.1833	
68°C+15	3		1.2533	1.2533
Testigo	3			1.2967
Significación		0.336	0.105	0.734

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 10

Anexo 10.1. Valores de temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	68	69	69	64	67	66	65	67	66	68
R2	67	69	68	63	68	66	66	68	69	68
R3	69	68	67	65	66	65	64	69	67	69
ΣXi	204	206	204	192	201	197	195	204	202	205
Promedio	68.00	68.67	68.00	64.00	67.00	65.67	65.00	68.00	67.33	68.33

Anexo 10.2. Valores promedio de temperatura de gelatinización de los diferentes tratamientos del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media	Error típica de la media
A	62°C	68.2222 a	0.27778
	65°C	65.5556 b	0.50308
	68°C	66.7778 ab	0.57198
B	12 minutos	65.6667 b	0.66667
	15 minutos	67.8889 a	0.35136
	18 minutos	67.0000 ab	0.47140
Tratamientos	62°C + 12	68.0000 ab	0.57735
	62°C + 15	68.6667 a	0.33333
	62°C + 18	68.0000 ab	0.57735
	65°C + 12	64.0000 d	0.57735
	65°C + 15	67.0000 abc	0.57735
	65°C + 18	65.6667 bcd	0.33333
	68°C + 12	65.0000 cd	0.57735
	68°C + 15	68.0000 ab	0.57735
	68°C + 18	67.3333 abc	0.88192
Testigo		68.3333 ab	0.33333

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 10.3. Análisis estadístico de temperatura de gelatinización del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
0.438	9	20	0.898

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Temperatura de gelatinización.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	67.333	9	7.481	8.016	0.000
A	32.074	2	16.037	17.183	0.000
B	22.519	2	11.259	12.063	0.000
A * B	6.815	4	1.704	1.825	0.164
Error	18.667	20	0.933		
Total corregida	86.000	29			

a. R cuadrado = .783 (R cuadrado corregida = .685)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicada a la temperatura de gelatinización, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto	
		2	1
65°C	9	65.5556	
68°C	9	66.7778	66.7778
62°C	9		68.2222
Testigo	3		68.3333
Significación		0.160	0.051

B	N	Subconjunto	
		2	1
12 minutos	9	65.6667	
18 minutos	9	67.0000	67.0000
15 minutos	9		67.8889
Testigo	3		68.3333
Significación		0.111	0.111

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la temperatura de gelatinización, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
65°C+12	3	64.0000			
68°C+12	3	65.0000	65.0000		
65°C+18	3	65.6667	65.6667	65.6667	
65°C+15	3		67.0000	67.0000	67.0000
68°C+18	3		67.3333	67.3333	67.3333
62°C+12	3			68.0000	68.0000
62°C+18	3			68.0000	68.0000
68°C+15	3			68.0000	68.0000
Testigo	3			68.3333	68.3333
62°C+15	3				68.6667
Significación		0.539	0.153	0.069	0.539

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .933.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 11

Anexo 11.1. Valores de humedad del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	4.37	5.65	7.15	6.66	5.67	4.47	3.68	4.06	4.07	7.66
R2	6.44	5.73	7.66	5.06	6.03	5.87	3.96	3.86	4.37	7.85
R3	7.46	5.55	7.66	5.36	6.34	6.46	4.99	4.32	4.27	7.86
ΣXi	18.27	16.93	22.47	17.08	18.04	16.80	12.63	12.25	12.71	23.37
Promedio	6.09	5.64	7.49	5.69	6.01	5.60	4.21	4.08	4.24	7.79

Anexo 11.2. Valores promedio de Humedad (%) del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media	Error típica de la media
A	62°C	6.4078 b	0.38581
	65°C	5.7689 b	0.23696
	68°C	4.1756 c	0.12622
B	12 minutos	5.3311 b	0.42896
	15 minutos	5.2456 b	0.30428
	18 minutos	5.7756 b	0.50449
Tratamientos	62°C + 12	6.0900 abc	0.90901
	62°C + 15	5.6433 bc	0.05207
	62°C + 18	7.4900 ab	0.17000
	65°C + 12	5.6933 bc	0.49103
	65°C + 15	6.0133 abc	0.19359
	65°C + 18	5.6000 bc	0.59011
	68°C + 12	4.2100 c	0.39829
	68°C + 15	4.0800 c	0.13317
	68°C + 18	4.2367 c	0.08819
Testigo		7.7900 a	0.06506

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 11.3. Análisis estadístico de humedad del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
4.155	9	20	0.004

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Humedad.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	44.458	9	4.940	9.841	0.000
A	23.789	2	11.895	23.697	0.000
B	1.457	2	0.729	1.452	0.258
A * B	4.437	4	1.109	2.210	0.105
Error	10.039	20	0.502		
Total corregida	54.496	29			

a. R cuadrado = .816 (R cuadrado corregida = .733)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la humedad, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
68°C	9	4.1756		
65°C	9		5.7689	
62°C	9		6.4078	
Testigo	3			7.7900
Significación		1.000	0.422	1.000

B	N	Subconjunto	
		2	1
15 minutos	9	5.2456	
12 minutos	9	5.3311	
18 minutos	9	5.7756	
Testigo	3		7.7900
Significación		0.576	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la humedad, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		2	3	1
68°C+15	3	4.0800		
68°C+12	3	4.2100		
68°C+18	3	4.2367		
65°C+18	3	5.6000	5.6000	
62°C+15	3	5.6433	5.6433	
65°C+12	3	5.6933	5.6933	
65°C+15	3	6.0133	6.0133	6.0133
62°C+12	3	6.0900	6.0900	6.0900
62°C+18	3		7.4900	7.4900
Testigo	3			7.7900
Significación		0.057	0.086	0.125

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .502.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 12

Anexo 12.1. Valores de pH del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	3.02	2.95	2.96	2.99	3.02	3.06	3.12	3.23	3.12	5.62
R2	2.98	3.01	2.97	2.97	3.01	3.02	3.12	3.24	3.11	5.77
R3	3.03	2.99	2.97	3.00	3.02	2.99	3.12	3.24	3.12	5.78
ΣXi	9.03	8.95	8.90	8.96	9.05	4.07	9.36	9.71	9.35	17.17
Promedio	3.01	2.98	2.97	2.99	3.02	3.02	3.12	3.24	3.12	5.72

Anexo 12.2. Valores promedio de pH del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	2.9867	c	0.00928
	65°C	3.0089	c	0.00857
	68°C	3.1578	b	0.01977
B	12 minutos	3.0389	b	0.02118
	15 minutos	3.0789	b	0.04008
	18 minutos	3.0356	b	0.02268
Tratamientos	62°C + 12	3.0100	abc	0.01528
	62°C + 15	2.9833	bc	0.01764
	62°C + 18	2.9667	ab	0.00333
	65°C + 12	2.9867	bc	0.00882
	65°C + 15	3.0167	abc	0.00333
	65°C + 18	3.0233	bc	0.02028
	68°C + 12	3.1200	c	0.00000
	68°C + 15	3.2367	c	0.00333
68°C + 18	3.1167	c	0.00333	
Testigo		5.7233	a	0.05175

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 12.3. Análisis estadístico de pH del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
7.746	9	20	0.000

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: pH.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	19.469	9	2.163	1,920.028	0.000
A	0.156	2	0.078	69.152	0.000
B	0.010	2	0.005	4.645	0.022
A * B	0.023	4	0.006	5.039	0.006
Error	0.023	20	0.001		
Total corregida	19.492	29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .998)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado al pH, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
62°C	9	2.9867		
65°C	9	3.0089		
68°C	9		3.1578	
Testigo	3			5.7233
Significación		0.666	1.000	1.000

B	N	Subconjunto	
		2	1
18 minutos	9	3.0356	
12 minutos	9	3.0389	
15 minutos	9	3.0789	
Testigo	3		5.7233
Significación		0.148	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al pH, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
62°C+18	3	2.9667			
62°C+15	3	2.9833			
65°C+12	3	2.9867			
62°C+12	3	3.0100			
65°C+15	3	3.0167			
65°C+18	3	3.0233	3.0233		
68°C+18	3		3.1167		
68°C+12	3		3.1200		
68°C+15	3			3.2367	
Testigo	3				5.7233
Significación		0.567	0.051	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 13

Anexo 13.1. Valores de acidez titulable del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	7.47	7.29	7.02	6.93	7.02	7.29	6.75	5.67	5.85	0.45
R2	7.56	7.38	6.84	6.93	7.11	7.02	6.66	5.67	5.76	0.54
R3	7.56	7.29	7.11	7.11	7.02	7.20	6.75	5.76	5.76	0.63
ΣXi	22.59	21.96	20.97	20.97	21.15	21.51	20.16	17.10	17.37	1.62
Xi	7.53	7.32	6.99	6.99	7.05	7.17	6.72	5.70	5.79	0.54

Anexo 13.2. Valores promedio de Acidez titulable del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	7.2800	a	0.08276
	65°C	7.0700	b	0.04000
	68°C	6.0700	c	0.16371
B	12 minutos	7.0800	a	0.12093
	15 minutos	6.6900	b	0.25100
	18 minutos	6.6500	b	0.21915
Tratamientos	62°C + 12	7.5300	a	0.03000
	62°C + 15	7.3200	ab	0.03000
	62°C + 18	6.9900	c	0.07937
	65°C + 12	6.9900	c	0.06000
	65°C + 15	7.0500	c	0.03000
	65°C + 18	7.1700	bc	0.07937
	68°C + 12	6.7200	d	0.03000
	68°C + 15	5.7000	e	0.03000
68°C + 18	5.7900	e	0.03000	
Testigo		0.5400	f	0.05196

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 13.3. Análisis estadístico de acidez titulable del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
1.472	9	20	0.225

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Acidez.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	115.965	9	12.885	1,767.490	0.000
A	7.525	2	3.762	516.091	0.000
B	1.016	2	0.508	69.671	0.000
A * B	1.393	4	0.348	47.757	0.000
Error	0.146	20	0.007		
Total corregida	116.111	29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .998)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la acidez, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	0.5400			
68°C	9		6.0700		
65°C	9			7.0700	
62°C	9				7.2800
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

B	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	0.5400		
18 minutos	9		6.6500	
15 minutos	9		6.6900	
12 minutos	9			7.0800
Significación		1.000	0.848	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la acidez, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	0.5400					
68°C+15	3		5.7000				
68°C+18	3		5.7900				
68°C+12	3			6.7200			
62°C+18	3				6.9900		
65°C+12	3				6.9900		
65°C+15	3				7.0500		
65°C+18	3				7.1700	7.1700	
62°C+15	3					7.3200	7.3200
62°C+12	3						7.5300
Significación		1.000	0.945	1.000	0.287	0.516	0.139

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .007.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 14

Anexo 14.1. Valores de sólidos totales solubles (°Brix) del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta*.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	4.2	5.2	7.5	5.0	6.0	3.2	4.5	4.9	4.1	0
R2	4.0	5.2	7.9	4.4	5.9	3.7	4.9	5.2	4.6	0
R3	4.1	5.2	7.1	4.7	6.1	3.5	4.1	4.5	5.0	0
ΣXi	8.3	15.6	22.5	14.1	18.0	10.4	13.5	15.6	13.7	0
Promedio	4.1	5.2	7.5	4.7	6.0	3.5	4.5	4.9	4.6	0

Anexo 14.2. Valores promedio de Sólidos totales solubles del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	5.6000	a	0.50553
	65°C	4.7222	b	0.37185
	68°C	4.6444	b	0.12922
B	12 minutos	4.4333	b	0.12247
	15 minutos	5.3556	a	0.17882
	18 minutos	5.1778	a	0.61164
Tratamientos	62°C + 12	4.1000	de	0.05774
	62°C + 15	5.2000	bc	0.00000
	62°C + 18	7.5000	a	0.23094
	65°C + 12	4.7000	cd	0.17321
	65°C + 15	6.0000	b	0.05774
	65°C + 18	3.4667	e	0.14530
	68°C + 12	4.5000	cd	0.23094
	68°C + 15	4.8667	cd	0.20276
68°C + 18	4.5667	cd	0.26034	
Testigo		0.0000	f	0.00000

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey

Anexo 14.3. Análisis estadístico de sólidos totales solubles (°Brix) del almidón pregelatinizado.

A: Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
1.636	9	20	0.172

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: °Brix.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación n
Tratamiento	100.187	9	11.132	135.755	0.000
A	5.069	2	2.534	30.908	0.000
B	4.309	2	2.154	26.274	0.000
A * B	23.609	4	5.902	71.978	0.000
Error	1.640	20	0.082		
Total corregida	101.827	29			

a. R cuadrado = .984 (R cuadrado corregida = .977)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a los sólidos solubles, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	0.0000		
68°C	9		4.6444	
65°C	9		4.7222	
62°C	9			5.6000
Significación		1.000	0.965	1.000

B	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	0.0000		
12 minutos	9		4.4333	
18 minutos	9			5.1778
15 minutos	9			5.3556
Significación		1.000	1.000	0.708

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a los sólidos solubles, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	0.0000					
65°C+18	3		3.4667				
62°C+12	3		4.1000	4.1000			
68°C+12	3			4.5000	4.5000		
68°C+18	3			4.5667	4.5667		
65°C+12	3			4.7000	4.7000		
68°C+15	3			4.8667	4.8667		
62°C+15	3				5.2000	5.2000	
65°C+15	3					6.0000	
62°C+18	3						7.5000
Significación		1.000	0.235	0.084	0.144	0.064	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .082.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 15

Anexo 15.1. Valores de ceniza del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta* en porcentaje.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	3	4	2	4	3	4	4	3	3	0.85
R2	2	4	4	5	4	4	4	5	4	0.79
R3	4	4	3	5	4	4	5	4	5	0.90
ΣXi	9	12	9	14	11	12	13	12	12	2.54
Promedio	3.00	4.00	3.00	4.67	3.67	4.00	4.33	4.00	4.00	0.85

Anexo 15.2. Valores promedio de Ceniza del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	3.3333	a	0.28868
	65°C	4.1111	a	0.20031
	68°C	4.1111	a	0.26058
B	12 minutos	4.0000	a	0.33333
	15 minutos	3.8889	a	0.20031
	18 minutos	3.6667	a	0.28868
Tratamientos	62°C + 12	3.0000	a	0.57735
	62°C + 15	4.0000	a	0.00000
	62°C + 18	3.0000	a	0.57735
	65°C + 12	4.6667	a	0.33333
	65°C + 15	3.6667	a	0.33333
	65°C + 18	4.0000	a	0.00000
	68°C + 12	4.3333	a	0.33333
	68°C + 15	4.0000	a	0.57735
	68°C + 18	4.0000	a	0.57735
Testigo		0.8467	b	0.03180

Anova $p > 0.05$. Letras diferentes indican diferencia no significativa, Prueba Tukey.

Anexo 15.3. Análisis estadístico de ceniza del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
1.710	9	20	0.152

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ceniza.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	31.791	9	3.532	7.060	0.000
A	3.630	2	1.815	3.627	0.045
B	0.519	2	0.259	0.518	0.603
A * B	3.259	4	0.815	1.629	0.206
Error	10.006	20	0.500		
Total corregida	41.798	29			

a. R cuadrado = .761 (R cuadrado corregida = .653)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la ceniza, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto	
		2	1
Testigo	3	0.8467	
62°C	9		3.3333
65°C	9		4.1111
68°C	9		4.1111
Significación		1.000	0.258

B	N	Subconjunto	
		2	1
Testigo	3	0.8467	
18 minutos	9		3.6667
15 minutos	9		3.8889
12 minutos	9		4.0000
Significación		1.000	0.846

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la ceniza, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		2	1
Testigo	3	0.8467	
62°C+12	3		3.0000
62°C+18	3		3.0000
65°C+15	3		3.6667
62°C+15	3		4.0000
65°C+18	3		4.0000
68°C+15	3		4.0000
68°C+18	3		4.0000
68°C+12	3		4.3333
65°C+12	3		4.6667
Significación		1.000	0.174

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .500.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 16

Anexo 16.1. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 50°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	8.00	11.30	14.00	14.10	10.00	18.00	10.10	9.70	7.30	5.70
R2	12.00	9.30	11.30	14.70	8.00	18.00	12.00	6.00	7.30	5.30
R3	10.00	6.70	8.00	15.30	8.70	16.70	8.70	10.00	7.30	5.00
ΣX_i	30.00	27.30	33.30	44.10	26.70	52.70	30.80	25.70	21.90	16.00
Promedio	10.00	9.10	11.10	14.70	8.90	17.57	10.27	8.57	7.30	5.33

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 50°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
2.001	9	20	0.094

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 50°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	338.895	9	37.655	13.384	0.000
A	120.936	2	60.468	21.493	0.000
B	53.307	2	26.653	9.474	0.001
A * B	82.978	4	20.744	7.374	0.001
Error	56.267	20	2.813		
Total corregida	395.162	29			

a. R cuadrado = .858 (R cuadrado corregida = .794)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 50°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	5.3333		
68°C	9		8.7111	
62°C	9		10.0667	
65°C	9			13.7222
Significación		1.000	0.514	1.000

B	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	5.3333		
15 minutos	9		8.8556	
12 minutos	9			11.6556
18 minutos	9			11.9889
Significación		1.000	1.000	0.986

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 50°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	5.3333			
68°C+18	3	7.3000	7.3000		
68°C+15	3	8.5667	8.5667		
65°C+15	3	8.9000	8.9000		
62°C+15	3	9.1000	9.1000		
62°C+12	3	10.0000	10.0000	10.0000	
68°C+12	3		10.2667	10.2667	
62°C+18	3		11.1000	11.1000	
65°C+12	3			14.7000	14.7000
65°C+18	3				17.5667
Significación		0.065	0.210	0.062	0.551

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 2.813.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Anexo 16.2. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 55°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	12.00	15.20	18.00	47.30	17.30	37.30	16.70	10.70	10.10	6.00
R2	10.00	15.00	18.00	45.30	14.00	36.00	14.00	12.00	9.70	6.00
R3	9.30	16.10	15.30	42.70	12.00	36.00	13.30	14.20	11.00	6.00
ΣXi	31.30	46.30	51.30	135.30	43.30	109.30	44.00	36.90	30.80	18.00
Xi	10.43	15.43	17.10	45.10	14.43	36.43	14.67	12.30	10.27	6.00

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 55°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
2.057	9	20	0.086

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 55°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	4,195.522	9	466.169	189.654	0.000
A	2,097.159	2	1,048.579	426.599	0.000
B	431.610	2	215.805	87.797	0.000
A * B	1,169.264	4	292.316	118.924	0.000
Error	49.160	20	2.458		
Total corregida	4,244.682	29			

a. R cuadrado = .988 (R cuadrado corregida = .983)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 55°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	6.0000		
68°C	9		12.4111	
62°C	9		14.3222	
65°C	9			31.9889
Significación		1.000	0.184	1.000

B	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	6.0000		
15 minutos	9		14.0556	
18 minutos	9			21.2667
12 minutos	9			23.4000
Significación		1.000	1.000	0.119

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 55°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	6.0000					
68°C+18	3	10.2667	10.2667				
62°C+12	3	10.4333	10.4333				
68°C+15	3		12.3000	12.3000			
65°C+15	3		14.4333	14.4333	14.4333		
68°C+12	3		14.6667	14.6667	14.6667		
62°C+15	3			15.4333	15.4333		
62°C+18	3				17.1000		
65°C+18	3					36.4333	
65°C+12	3						45.1000
Significación		0.058	0.062	0.351	0.557	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 2.458.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Anexo 16.3. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 60°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	32.00	64.00	85.20	309.20	97.60	178.80	66.80	46.40	55.20	25.70
R2	48.00	53.20	80.00	272.00	90.80	168.00	53.20	53.60	45.00	25.70
R3	40.00	45.2	74.80	269.20	80.00	160.00	42.80	48.00	47.20	25.70
ΣX_i	120.00	162.40	240.00	850.40	268.40	506.80	162.80	148.00	147.40	77.10
Xi	40.00	54.13	80.00	283.47	89.47	168.93	54.27	49.33	49.13	25.70

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 60°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
3.102	9	20	0.017

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 60°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	168,835.947	9	18,759.550	181.354	0.000
A	95,703.505	2	47,851.753	462.598	0.000
B	17,183.612	2	8,591.806	83.060	0.000
A * B	42,404.788	4	10,601.197	102.485	0.000
Error	2,068.827	20	103.441		
Total corregida	170,904.774	29			

a. R cuadrado = .988 (R cuadrado corregida = .982)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 60°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	25.7000		
68°C	9		50.9111	
62°C	9		58.0444	
65°C	9			180.6222
Significación		1.000	0.625	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	25.7000			
15 minutos	9		64.3111		
18 minutos	9			99.3556	
12 minutos	9				125.9111
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 60°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto				
		2	3	4	5	1
Testigo	3	25.7000				
62°C+12	3	40.0000				
68°C+18	3	49.1333				
68°C+15	3	49.3333				
62°C+15	3	54.1333	54.1333			
68°C+12	3	54.2667	54.2667			
62°C+18	3		80.0000	80.0000		
65°C+15	3			89.4667		
65°C+18	3				168.9333	
65°C+12	3					283.4667
Significación		0.061	0.115	0.974	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 103.441.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Interpretación estadística de los valores de temperaturas de evaluación de la viscosidad del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	50 °C			55 °C			60 °C		
	Media		Error típica de la media	Media		Error típica de la media	Media		Error típica de la media
62°C + 12	10.0000	bcd	1.15470	10.4333	ef	0.80898	40.0000	e	4.61880
62°C + 15	9.1000	cd	1.33167	15.4333	cd	0.33830	54.1333	de	5.44712
62°C + 18	11.1000	bc	1.73494	17.1000	c	0.90000	80.0000	cd	3.00222
65°C + 12	14.7000	ab	0.34641	45.1000	a	1.33167	283.4667	a	12.89203
65°C + 15	8.9000	cd	0.58595	14.4333	cde	1.54524	89.4667	c	5.12423
65°C + 18	17.5667	ab	0.43333	36.4333	b	0.43333	168.9333	b	5.44712
68°C + 12	10.2667	bc	0.95627	14.6667	cde	1.03655	54.2667	de	6.94870
68°C + 15	8.5667	cd	1.28625	12.3000	de	1.02144	49.3333	e	2.18276
68°C + 18	7.3000	cd	0.00000	10.2667	ef	0.38442	49.1333	e	3.09910
Testigo	5.3333	d	0.20276	6.0000	f	0.00000	25.7000	e	0.00000

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 16.4. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 65°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	84.00	68.00	96.00	384.00	149.20	297.20	96.00	50.70	65.70	36.70
R2	80.00	53.20	90.80	368.00	141.20	320.00	82.80	56.30	69.30	41.30
R3	97.20	65.30	82.80	368.00	138.80	320.00	80.00	58.20	71.40	40.00
ΣXi	261.20	186.50	269.60	1120.00	429.20	937.20	258.80	165.20	206.40	118.00
Promedio	87.07	62.17	89.87	373.33	143.07	312.40	86.27	55.06	68.80	39.33

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 65°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
2.527	9	20	0.040

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 65°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	360,510.776	9	40,056.753	693.303	0.000
A	243,777.867	2	121,888.934	2,109.657	0.000
B	44,047.939	2	22,023.969	381.191	0.000
A * B	44,223.717	4	11,055.929	191.356	0.000
Error	1,155.533	20	57.777		
Total corregida	361,666.310	29			

a. R cuadrado = .997 (R cuadrado corregida = .995)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 65°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	39.3333		
68°C	9		70.0444	
62°C	9		79.7000	
65°C	9			276.2667
Significación		1.000	0.157	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	39.3333			
15 minutos	9		86.7667		
18 minutos	9			157.0222	
12 minutos	9				182.2222
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 65°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	39.3333					
68°C+15	3	55.0667	55.0667				
62°C+15	3		62.1667				
68°C+18	3		68.8000	68.8000			
68°C+12	3			86.2667			
62°C+12	3			87.0667			
62°C+18	3			89.8667			
65°C+15	3				143.0667		
65°C+18	3					312.4000	
65°C+12	3						373.3333
Significación		0.308	0.480	0.067	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 57.777.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Anexo 16.5. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 70°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	138.80	98.80	120.00	1464.00	226.80	706.80	136.00	105.30	125.40	105.30
R2	136.00	93.20	114.80	1354.80	226.80	725.20	124.80	100.70	129.30	111.90
R3	132.20	90.80	112.00	1352.00	224.00	733.20	117.20	112.10	122.10	109.70
Σxi	408.00	282.80	346.80	4170.80	677.60	2165.20	378.00	318.10	376.80	326.90
Promedio	136.00	94.27	115.60	1390.27	225.87	721.73	126.00	106.03	125.60	108.97

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 70°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
11.816	9	20	0.000

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 70°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	4,823,787.993	9	535,976.444	1,202.765	0.000
A	2,630,287.525	2	1,315,143.763	2,951.265	0.000
B	755,114.459	2	377,557.229	847.262	0.000
A * B	1,296,886.895	4	324,221.724	727.574	0.000
Error	8,912.407	20	445.620		
Total corregida	4,832,700.400	29			

a. R cuadrado = .998 (R cuadrado corregida = .997)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 70°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto	
		2	1
Testigo	3	108.9667	
62°C	9	115.1778	
68°C	9	119.2111	
65°C	9		779.2889
Significación		0.835	1.000

B	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	108.9667		
15	9	142.0556		
18	9		320.9778	
12	9			550.6444
Significación		0.059	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 70°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
62°C+15	3	94.2667			
68°C+15	3	106.0333			
Testigo	3	108.9667			
62°C+18	3	115.6000			
68°C+18	3	125.6000			
68°C+12	3	126.0000			
62°C+12	3	135.6667			
65°C+15	3		225.8667		
65°C+18	3			721.7333	
65°C+12	3				1,390.2667
Significación		0.374	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 445.620.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Anexo 16.6. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 75°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	632.00	336.00	362.80	3228.00	1600.00	2602.80	618.80	300.10	390.00	240.60
R2	610.80	328.00	360.00	3180.00	1592.00	2737.20	592.00	297.70	445.30	238.70
R3	605.20	325.20	360.00	3236.00	1581.20	2481.20	584.00	315.30	481.00	230.30
ΣXi	1848.00	989.20	1082.80	9644.00	4773.20	7821.20	1794.80	1003.10	1316.30	709.60
Promedio	616.00	329.73	360.93	3214.67	1591.07	2607.07	598.27	334.37	438.77	236.53

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 75°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
3.372	9	20	0.011

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 75°C.

Fuente	Suma de cuadrados	tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	31,128,618.192		9	3,458,735.355	1,712.798	0.000
A	24,715,989.550		2	12,357,994.775	6,119.794	0.000
B	2,432,530.259		2	1,216,265.129	602.306	0.000
A * B	1,882,842.330		4	470,710.583	233.100	0.000
Error	40,386.960		20	2,019.348		
Total corregida	31,169,005.152		29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .998)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 75°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	236.5333		
62°C	9		435.5556	
68°C	9		447.1333	
65°C	9			2,470.9333
Significación		1.000	0.970	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	236.5333			
15 minutos	9		741.7222		
18 minutos	9			1,135.5889	
12 minutos	9				1,476.3111
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 75°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	236.5333					
68°C+15	3	304.3667					
62°C+15	3	329.7333	329.7333				
62°C+18	3	360.9333	360.9333				
68°C+18	3		438.7667				
68°C+12	3			598.2667			
62°C+12	3			616.0000			
65°C+15	3				1,591.0667		
65°C+18	3					2,607.0667	
65°C+12	3						3,214.6667
Significación		0.068	0.149	1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 2019.348.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Interpretación estadística de los valores de temperaturas de evaluación de la viscosidad del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	65 °C		70 °C		75 °C	
	Media	Error típica de la media	Media	Error típica de la media	Media	Error típica de la media
62°C + 12	87.0667 d	5.19658	135.6667 d	1.91253	616.0000 d	8.16170
62°C + 15	62.1667 e	4.55058	94.2667 d	2.37019	329.7333 ef	3.23591
62°C + 18	89.8667 d	3.83898	115.6000 d	2.34379	360.9333 ef	0.93333
65°C + 12	373.3333 a	5.33333	1,390.2667 a	36.87553	3,214.6667 a	17.48650
65°C + 15	143.0667 c	3.14395	225.8667 c	0.93333	1,591.0667 c	5.44712
65°C + 18	312.4000 b	7.60000	721.7333 b	7.81565	2,607.0667 b	73.93162
68°C + 12	86.2667 d	4.93333	126.0000 d	5.46016	598.2667 d	10.52320
68°C + 15	55.0667 ef	2.25117	106.0333 d	3.31126	304.3667 f	5.51039
68°C + 18	68.8000 de	1.66433	125.6000 d	2.08087	438.7667 ef	26.47177
Testigo	39.3333 f	1.36910	108.9667 d	1.94022	236.5333 f	3.16456

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

Anexo 16.7. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 80°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	802.80	504.00	416.00	3740.00	1893.20	3420.00	762.80	456.80	397.50	357.30
R2	789.20	540.00	416.00	3680.00	1864.00	3352.00	754.80	478.30	410.30	357.30
R3	778.80	496.00	416.00	3712.00	1856.00	3212.00	746.80	430.10	450.10	348.00
ΣXi	2370.80	1576.00	1248.00	11132.00	5613.20	9984.00	2264.40	1365.20	1257.90	1062.60
Promedio	790.27	525.33	416.00	3710.00	1871.07	3328.00	754.80	455.07	419.30	354.20

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 80°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
4.735	9	20	0.002

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 80°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	43,730,006.430	9	4,858,889.603	3,315.456	0.000
A	34,904,282.176	2	17,452,141.088	11,908.443	0.000
B	2,928,096.629	2	1,464,048.314	998.991	0.000
A * B	3,155,041.009	4	788,760.252	538.209	0.000
Error	29,310.533	20	1,465.527		
Total corregida	43,759,316.963	29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .999)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 80°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	354.2000		
68°C	9		543.0556	
62°C	9		573.2000	
65°C	9			2,969.9111
Significación		1.000	0.535	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	354.2000			
15 minutos	9		946.4889		
18 minutos	9			1,387.7667	
12 minutos	9				1,751.9111
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 80°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	354.2000					
62°C+18	3	416.0000	416.0000				
68°C+18	3	419.3000	419.3000				
68°C+15	3	455.0667	455.0667				
62°C+15	3		513.3333				
68°C+12	3			754.8000			
62°C+12	3			790.2667			
65°C+15	3				1,871.0667		
65°C+18	3					3,328.0000	
65°C+12	3						3,710.6667
Significación		0.093	0.115	0.974	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 1465.527.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Anexo 16.8. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 85°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	338.80	289.20	256.00	2980.00	1157.20	2330.80	437.20	278.00	229.10	211.60
R2	341.20	286.80	253.20	3105.00	1149.20	2338.80	450.80	267.20	300.30	215.70
R3	338.80	286.80	253.20	3068.00	1133.20	2424.00	421.20	256.70	278.40	205.00
ΣXi	1018.80	862.80	762.40	9153.00	3439.60	7093.60	1309.20	801.90	807.80	632.30
Promedio	339.60	287.60	254.13	3051.00	1146.53	2364.53	436.40	267.30	269.27	210.76

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 85°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
5.937	9	20	0.000

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 85°C.

Fuente	Suma de cuadrados	tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento		28,238,584.981	9	3,137,620.553	3,631.919	0.000
A		21,172,388.894	2	10,586,194.447	12,253.935	0.000
B		2,269,220.703	2	1,134,610.351	1,313.356	0.000
A * B		3,380,193.864	4	845,048.466	978.177	0.000
Error		17,278.033	20	863.902		
Total corregida		28,255,863.015	29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .999)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 85°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	210.7667		
62°C	9		293.7778	
68°C	9		324.3222	
65°C	9			2,187.3556
Significación		1.000	0.302	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	210.7667			
15 minutos	9		567.1444		
18 minutos	9			962.6444	
12 minutos	9				1,275.6667
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 85°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	210.7667					
62°C+18	3	254.1333					
68°C+15	3	267.3000	267.3000				
68°C+18	3	269.2667	269.2667				
62°C+15	3	287.6000	287.6000				
62°C+12	3		339.6000				
68°C+12	3			436.4000			
65°C+15	3				1,146.5333		
65°C+18	3					2,364.5333	
65°C+12	3						3,051.0000
Significación		0.098	0.139	1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 863.902.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Anexo 16.9. Valores de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 90°C.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	273.20	214.80	138.00	2338.00	581.20	2080.00	245.20	137.20	133.70	90.70
R2	268.00	209.20	132.80	2540.00	600.00	2028.00	248.00	124.00	129.30	106.00
R3	262.80	204.00	130.00	2420.00	613.20	2040.00	242.80	136.00	114.20	98.90
ΣXi	804.00	628.00	400.80	7298.00	1794.40	6148.00	736.00	397.20	377.20	295.60
Promedio	268.00	209.33	133.60	2432.67	598.13	2049.33	245.33	132.40	125.73	98.53

Análisis estadístico de Viscosidad del almidón pregelatinizado a una temperatura de evaluación de 90°C.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
4.659	9	20	0.002

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Viscosidad 90°C.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	20,255,574.592	9	2,250,619.399	1,937.308	0.000
A	13,643,725.167	2	6,821,862.584	5,872.182	0.000
B	2,101,459.390	2	1,050,729.695	904.456	0.000
A * B	3,571,322.264	4	892,830.566	768.538	0.000
Error	23,234.507	20	1,161.725		
Total corregida	20,278,809.099	29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .998)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado a la viscosidad a 90°C, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto		
		2	3	1
Testigo	3	98.5333		
68°C	9		167.8222	
62°C	9		203.6444	
65°C	9			1,693.3778
Significación		1.000	0.293	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	98.5333			
15 minutos	9		313.2889		
18 minutos	9			769.5556	
12 minutos	9				982.0000
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas a la viscosidad a 90°C, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
Testigo	3	98.5333					
68°C+18	3	125.7333	125.7333				
68°C+15	3	132.4000	132.4000				
62°C+18	3	133.6000	133.6000				
62°C+15	3		209.3333	209.3333			
68°C+12	3			245.3333			
62°C+12	3			268.0000			
65°C+15	3				598.1333		
65°C+18	3					2,049.3333	
65°C+12	3						2,432.6667
Significación		0.952	0.141	0.542	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 1161.725.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Interpretación estadística de los valores de temperaturas de evaluación de la viscosidad del almidón pregelatinizado de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	80 °C			85 °C			90 °C		
	Media	Error típica de la media		Media	Error típica de la media		Media	Error típica de la media	
62°C + 12	790.2667	d	6.94870	339.6000	e	0.80000	268.0000	d	3.00222
62°C + 15	513.3333	e	13.53186	287.6000	ef	0.80000	209.3333	de	3.11840
62°C + 18	416.0000	ef	0.00000	254.1333	f	0.93333	133.6000	ef	2.34379
65°C + 12	3,710.6667	a	17.33333	3,051.0000	a	37.07200	2,432.6667	a	58.65530
65°C + 15	1,871.0667	c	11.30506	1,146.5333	c	7.05534	598.1333	c	9.28463
65°C + 18	3,328.0000	b	61.23180	2,364.5333	b	29.82288	2,049.3333	b	15.71977
68°C + 12	754.8000	d	4.61880	436.4000	d	8.55414	245.3333	d	1.50259
68°C + 15	455.0667	ef	13.94111	267.3000	ef	6.14898	132.4000	ef	4.21426
68°C + 18	419.3000	ef	15.83709	269.2667	ef	21.05488	125.7333	ef	5.90489
Testigo	354.2000	f	3.10000	210.7667	f	3.11680	98.5333	f	4.42053

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

ANEXO 17

Anexo 17.1. Valores de la sinéresis del almidón pregelatinizado en diferentes días de evaluación

Tratamientos	Días de evaluación														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.14	0.20
T2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.15	0.21	0.29	0.30
T3	-	-	-	-	-	0.11	0.20	0.27	0.35	0.41	0.42	0.50	0.53	0.67	0.74
T4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10
T6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T7	-	-	-	-	-	0.15	0.12	0.30	0.32	0.43	0.48	0.55	0.59	0.64	0.72
T8	-	-	-	-	-	0.23	0.24	0.35	0.44	0.48	0.50	0.56	0.73	0.75	0.80
T9	-	-	-	-	-	0.17	0.23	0.29	0.38	0.40	0.45	0.59	0.62	0.68	0.75
Promedio agua desprendida almidón pregelatinizado						0.073	0.088	0.134	0.166	0.191	0.218	0.261	0.310	0.352	0.401
Testigo	-	-	-	0.52	0.96	1.60	3.76	4.18	9.36	13.15	15.28	18.41	21.50	23.19	27.23
A.Q.P.	-	-	8.83	7.82	6.94	6.60	6.45	4.95	4.50	2.80	2.5	2.0	1.0	-	-

NEXO 18

Anexo 18.1. Valores de retrogradación en función de la formación de cristales y desprendimiento de agua expresada en %.

Tratamientos	Días de evaluación														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.14	0.20
T2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.15	0.21	0.29	0.30
T3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.20	0.27	0.35	0.41	0.42	0.50	0.53	0.67	0.74
T4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
T6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.12	0.30	0.32	0.43	0.48	0.55	0.59	0.64	0.72
T8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.24	0.35	0.44	0.48	0.50	0.56	0.73	0.75	0.80
T9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.23	0.29	0.38	0.40	0.45	0.59	0.62	0.68	0.75
Promedio agua desprendida almidón pregelatinizado						0.073	0.088	0.134	0.166	0.191	0.218	0.261	0.310	0.352	0.401
Testigo	0.00	0.00	0.00	0.52	0.96	1.60	3.76	4.18	9.36	13.15	15.28	18.41	21.50	23.19	27.23
A.Q.P.	0.00	0.00	8.83	7.82	6.94	6.60	6.45	4.95	4.50	2.80	2.5	2.0	1.0	-	-

ANEXO 19

Anexo 19.1: Valores de la estabilidad a la congelación – descongelación de los geles de almidón pregelatinizado, en función de la viscosidad.

Tratamientos	RPM	Viscosidad (cP)		
		Día 02	Día 04	Día 06
T1	60	1880	2024	1960
T2	60	1384	1706	1545
T3	60	966	1010	1156
T4	60	3214	3220	3234
T5	60	1340	1328	1336
T6	60	3040	3036	3040
T7	60	1520	1510	1440
T8	60	765	819	750
T9	60	986	976	970
A. N.	60	620	595	637
A. Q.P.	60	120	86	52

A. N: Almidón nativo

A. QP: Almidón químicamente puro

ANEXO 20

Anexo 20.1. Valores de la Capacidad de Retención de Agua del almidón pregelatinizado en función del agua liberada

Tratamientos	Almidón (gr)	Carne (gr)	Vol. Inicial (mL)	Vol. Final (mL)	Vol. Perdido (mL)	Agua perdida (%)
T1	0.2	2	4	2.85	1.15	28.75
T2	0.2	2	4	2.75	1.25	31.25
T3	0.2	2	4	2.70	1.30	32.50
T4	0.2	2	4	3.30	0.70	17.50
T5	0.2	2	4	3.02	0.98	24.50
T6	0.2	2	4	3.10	0.90	22.50
T7	0.2	2	4	2.85	1.15	28.75
T8	0.2	2	4	2.68	1.32	33.00
T9	0.2	2	4	2.65	1.35	33.75
Testigo 1	0.2	2	4	2.60	1.40	35.00
Testigo 2	-	2	4	1.30	2.70	67.50

Testigo 1. Almidón nativo

Testigo 2. Almidón químicamente puro

ANEXO 21

Anexo 21.1. Valores del índice de solubilidad de agua del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta* en porcentaje.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	1.25	1.27	1.24	1.69	1.37	1.49	1.49	1.47	1.48	12.50
R2	1.22	1.31	1.25	1.67	1.41	1.44	1.53	1.50	1.40	10.50
R3	1.27	1.32	1.20	1.56	1.47	1.39	1.45	1.44	1.46	11.30
ΣX_i	3.74	3.90	3.69	4.92	4.25	4.32	4.47	4.41	4.34	34.30
Promedio	1.25	1.30	1.23	1.64	1.41	1.44	1.49	1.47	1.45	11.43

Anexo 21.2. Valores promedio de Índice de solubilidad de agua del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media	Error típica de la media
A	62°C	1.2589	b
	65°C	1.4989	b
	68°C	1.4689	b
B	12 minutos	1.4589	b
	15 minutos	1.3956	b
	18 minutos	1.3722	b
Tratamientos	62°C + 12	1.2467	b
	62°C + 15	1.3000	b
	62°C + 18	1.2300	b
	65°C + 12	1.6400	b
	65°C + 15	1.4167	b
	65°C + 18	1.4400	b
	68°C + 12	1.4900	b
	68°C + 15	1.4700	b
	68°C + 18	1.4467	b
Testigo		11.4333	a

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

21.3. Análisis estadístico del ISA del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
5.421	9	20	0.001

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Índice de solubilidad de agua.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	271.731	9	30.192	293.262	0.000
A	0.308	2	0.154	1.495	0.248
B	0.036	2	0.018	0.176	0.840
A * B	0.065	4	0.016	0.158	0.957
Error	2.059	20	0.103		
Total corregida	273.790	29			

a. R cuadrado = .992 (R cuadrado corregida = .989)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado al ISA, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto	
		2	1
62°C	9	1.2589	
68°C	9	1.4689	
65°C	9	1.4989	
Testigo	3		11.4333
Significación		0.576	1.000

B	N	Subconjunto	
		2	1
18 minutos	9	1.3722	
15 minutos	9	1.3956	
12 minutos	9	1.4589	
Testigo	3		11.4333
Significación		0.965	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al ISA, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		2	1
62°C+18	3	1.2300	
62°C+12	3	1.2467	
62°C+15	3	1.3000	
65°C+15	3	1.4167	
65°C+18	3	1.4400	
68°C+18	3	1.4467	
68°C+15	3	1.4700	
68°C+12	3	1.4900	
65°C+12	3	1.6400	
Testigo	3		11.4333
Significación		0.849	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .103.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 22

Anexo 22.1. Valores del Poder de Hinchamiento del almidón pregelatinizado obtenido de almidón de *Colocasia esculenta* en %.

Repetición	A1 = 62 °C			A2 = 65 °C			A3 = 68 °C			Testigo
	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	B1 = 12	B2 = 15	B3 = 18	
R1	8.70	7.81	8.42	10.58	9.49	9.36	7.87	8.79	7.68	7.20
R2	8.64	7.79	8.47	10.54	9.61	9.30	7.92	8.85	7.73	7.16
R3	8.76	7.73	8.40	10.49	9.58	9.24	7.85	8.84	7.71	7.15
ΣXi	26.10	23.33	25.29	31.61	28.68	27.90	23.64	26.48	23.12	21.21
Promedio	8.70	7.78	8.43	10.54	9.56	9.30	7.88	8.83	7.71	7.17

Anexo 22.2. Poder de hinchamiento del almidón pregelatinizado analizados estadísticamente (SPSS).

Factores	Niveles	Media		Error típica de la media
A	62°C	8.3022	b	0.13772
	65°C	9.7989	a	0.18893
	68°C	8.1378	c	0.17427
B	12 minutos	9.0389	a	0.39295
	15 minutos	8.7211	b	0.25911
	18 minutos	8.4789	c	0.23064
Tratamientos	62°C + 12	8.7000	d	0.03464
	62°C + 15	7.7767	fg	0.02404
	62°C + 18	8.4300	e	0.02082
	65°C + 12	10.5367	a	0.02603
	65°C + 15	9.5600	b	0.03606
	65°C + 18	9.3000	c	0.03464
	68°C + 12	7.8800	f	0.02082
	68°C + 15	8.8267	d	0.01856
68°C + 18	7.7067	g	0.01453	
Testigo		7.1700	h	0.01528

Anova $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencia significativa, Prueba Tukey.

22.3. Análisis estadístico del Poder de Hinchamiento del almidón pregelatinizado.

A. Análisis de varianza del DCA con arreglo factorial (3A x 3B)

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

F	gl1	gl2	Significación
0.547	9	20	0.823

a. Diseño: Intersección + Factor A + Factor B + Factor A * Factor B

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Poder de hinchamiento.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	27.871	9	3.097	1,561.427	0.000
A	15.079	2	7.540	3,801.436	0.000
B	1.420	2	0.710	357.923	0.000
A * B	4.664	4	1.166	587.895	0.000
Error	0.040	20	0.002		
Total corregida	27.911	29			

a. R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .998)

B. Subconjuntos homogéneos utilizando la prueba de Tukey aplicado al poder de hinchamiento, según factores (variable independiente).

A	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	7.1700			
68°C	9		8.1378		
62°C	9			8.3022	
65°C	9				9.7989
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

B	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
Testigo	3	7.1700			
18 minutos	9		8.4789		
15 minutos	9			8.7211	
12 minutos	9				9.0389
Significación		1.000	1.000	1.000	1.000

C. Subconjuntos homogéneos para establecer la significancia utilizando la prueba de Tukey aplicadas al poder de hinchamiento, según los tratamientos estudiados.

Tratamiento	N	Subconjunto							
		2	3	4	5	6	7	8	1
Testigo	3	7.1700							
68°C+18	3		7.7067						
62°C+15	3		7.7767	7.7767					
68°C+12	3			7.8800					
62°C+18	3				8.4300				
62°C+12	3					8.7000			
68°C+15	3					8.8267			
65°C+18	3						9.3000		
65°C+15	3							9.5600	
65°C+12	3								10.5367
Significación		1.000	0.654	0.188	1.000	0.056	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = .002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 23

BALANCE DE MATERIA

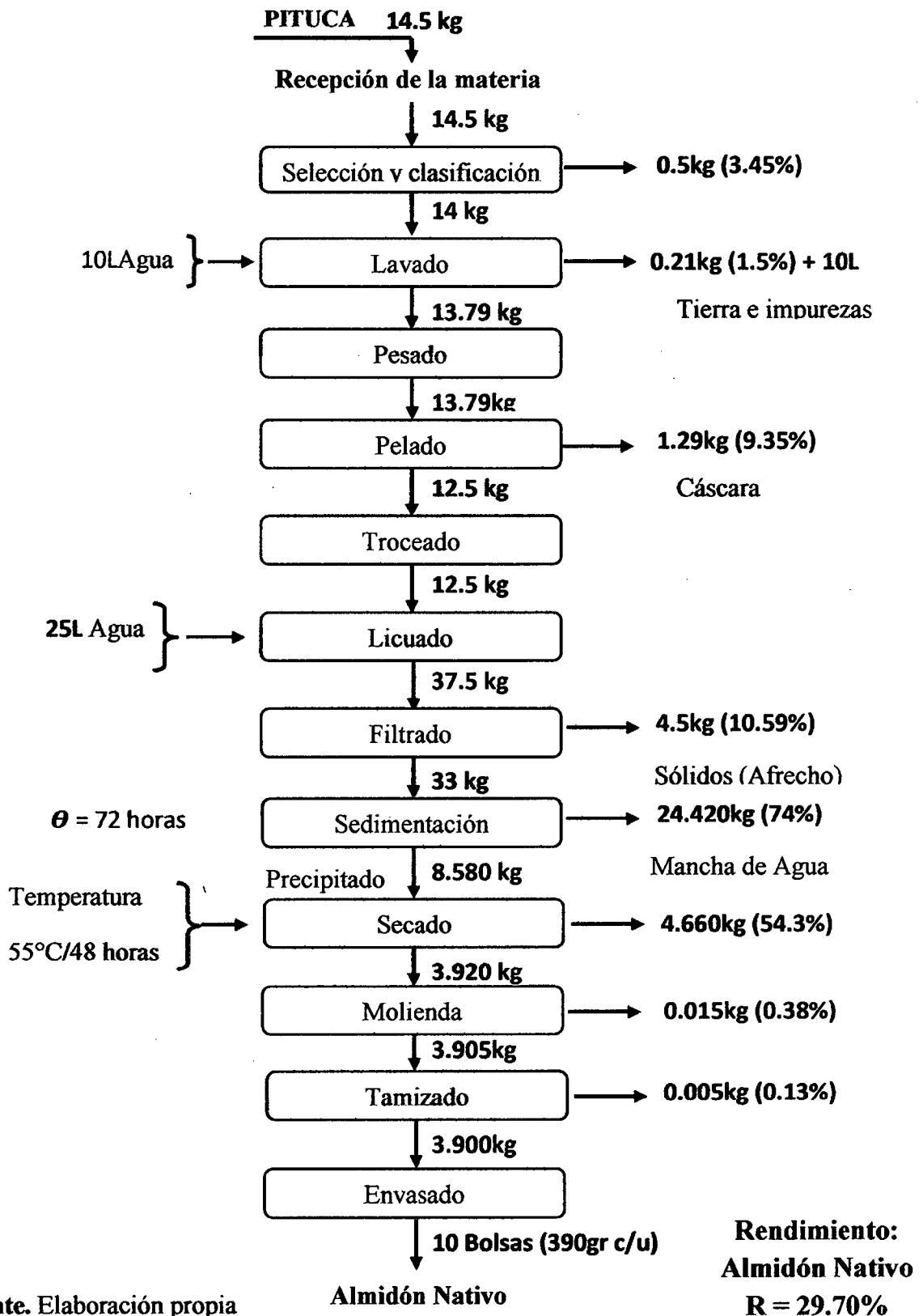


Figura 22. Balance de materia para la extracción de almidón nativo de Colocasia esculenta.

ANEXO 24

BENEFICIO / COSTO

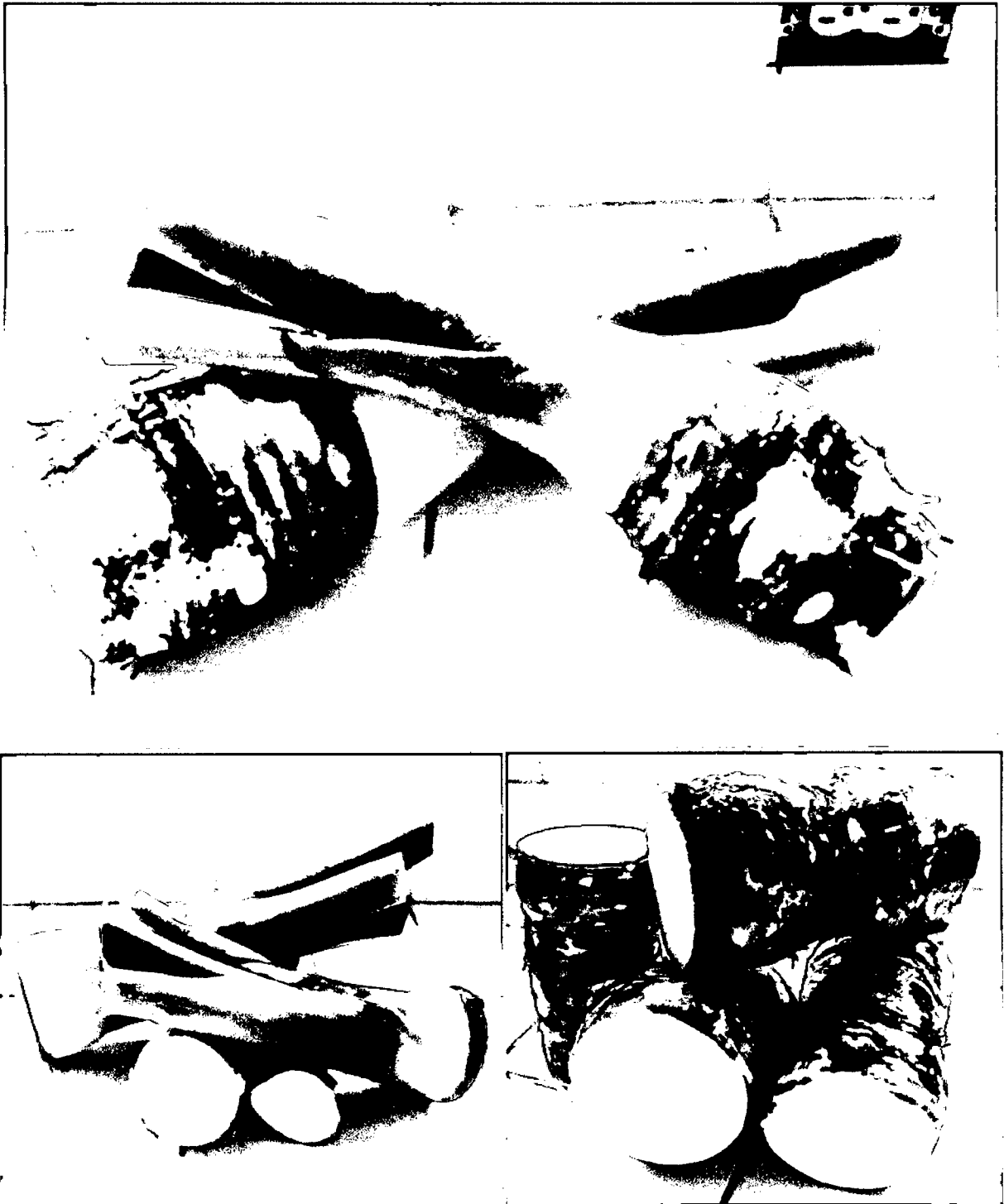
Anexo 24.1: Beneficio/costo para la obtención de almidón pregelatinizado a partir del almidón nativo de *Colocasia esculenta*.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio(s/.)	Subtotal(s/.)
Materia prima				
Almidón nativo	1.830	Kg	4.20	7.70
Reactivos				
Acido cítrico	89.10	gr	0.020	1.80
Agua destilada y/o desionizada	16.200	L	0.20	3.24
TOTAL				12.74

Fuente. Elaboración propia

ANEXO 25

FOTOS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN



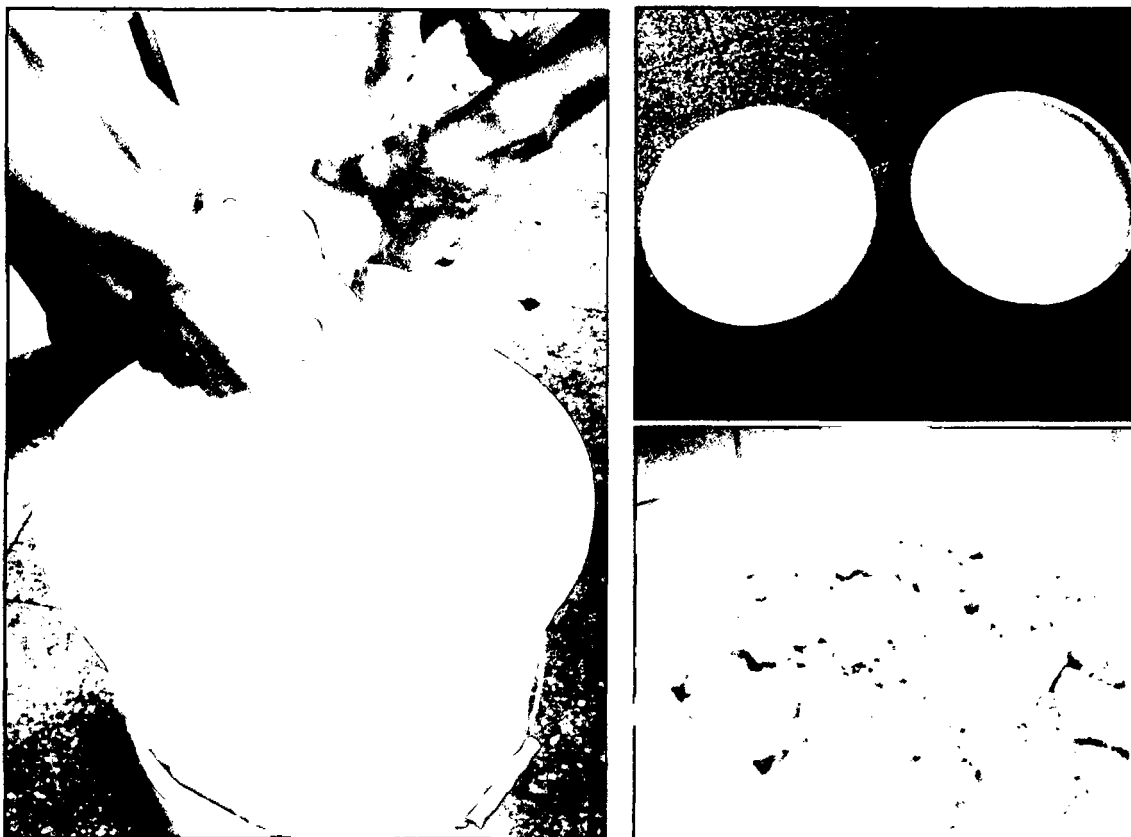
Fotografía 1. Tallo y raíz de *Colocasia esculenta*.



Fotografía 2. Troceado de los cormos de *Colocasia esculenta*.



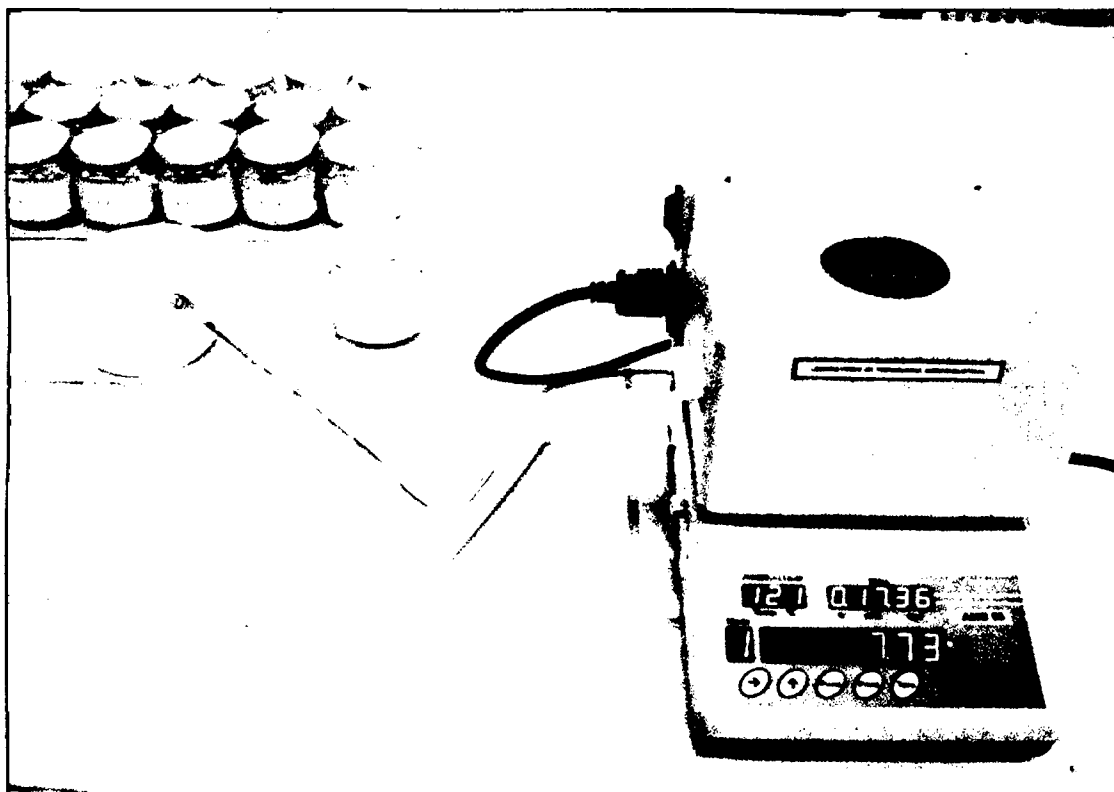
Fotografía 3. Licuado de los cormos de *Colocasia esculenta*.



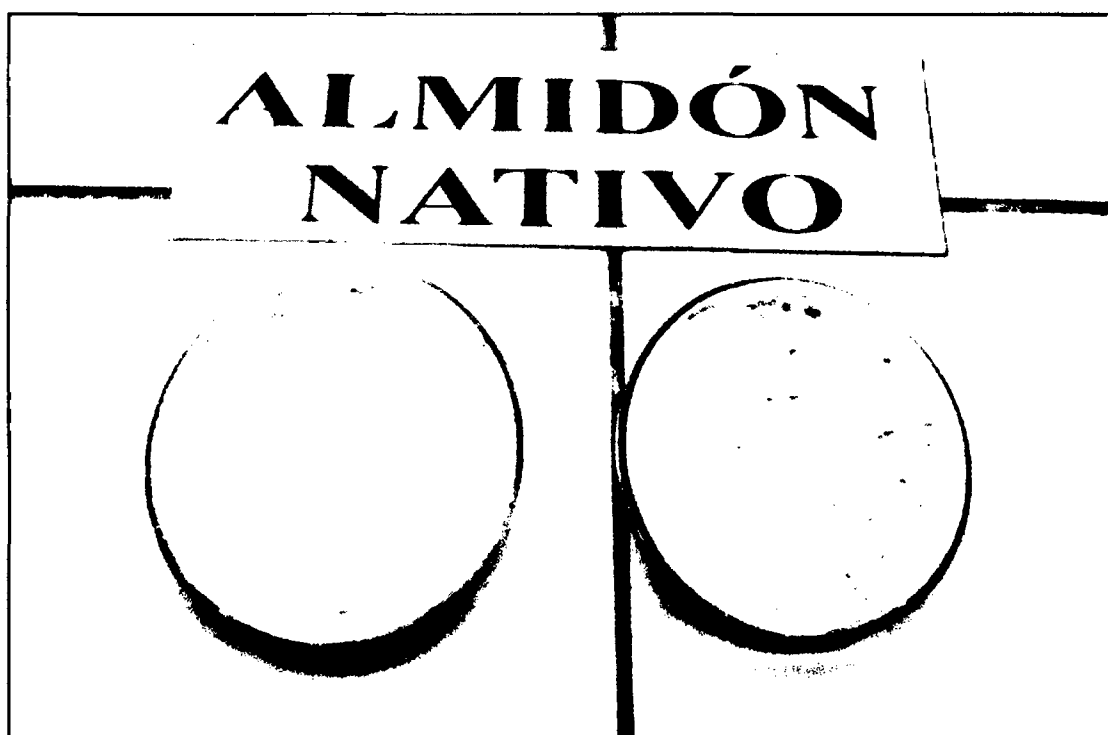
Fotografía 4. Filtrado de los cormos de *Colocasia esculenta*.



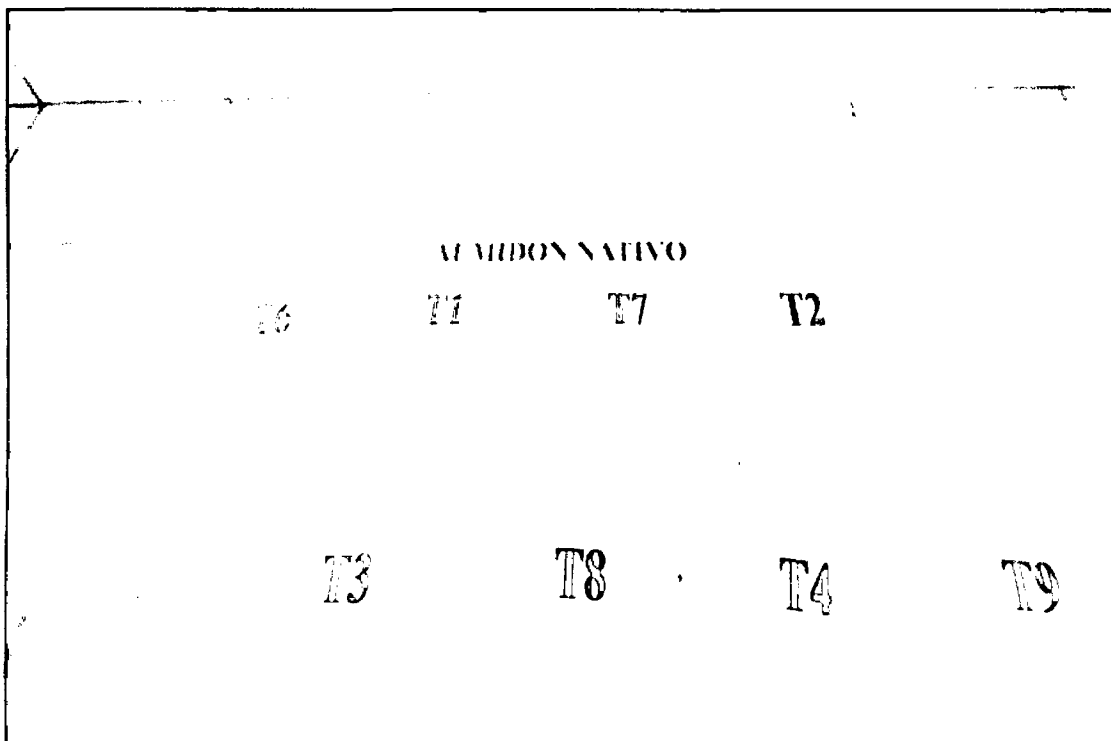
Fotografía 5. Secado del almidón nativo de *Colocasia esculenta*.



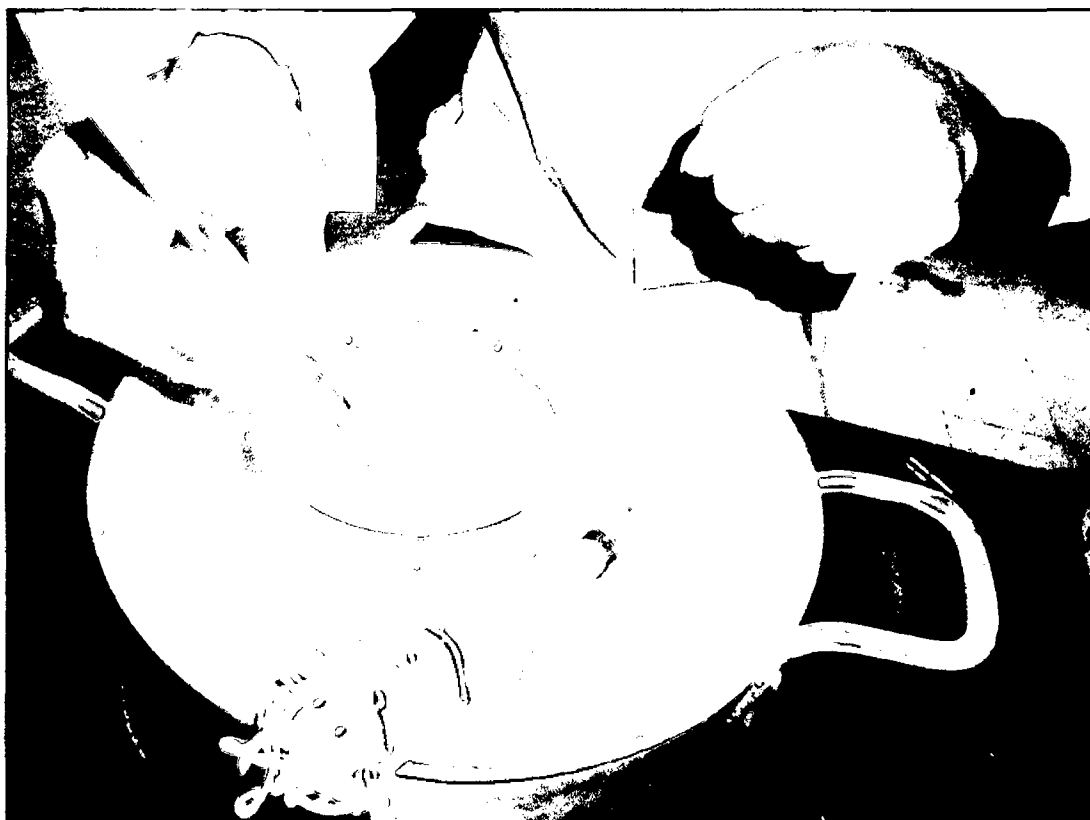
Fotografía 6. Almidón nativo seco de *Colocasia esculenta*.



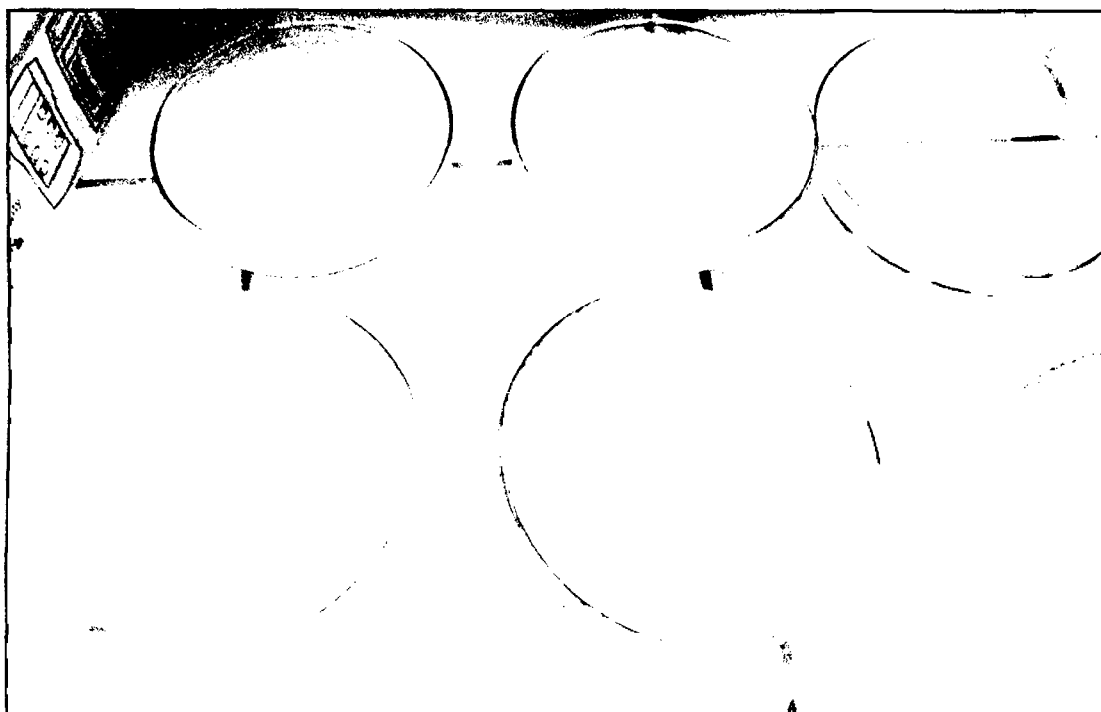
Fotografía 7. Almidón nativo seco de *Colocasia esculenta*.



Fotografía 8. Almidón nativo de *Colocasia esculenta* en bolsas de polietileno



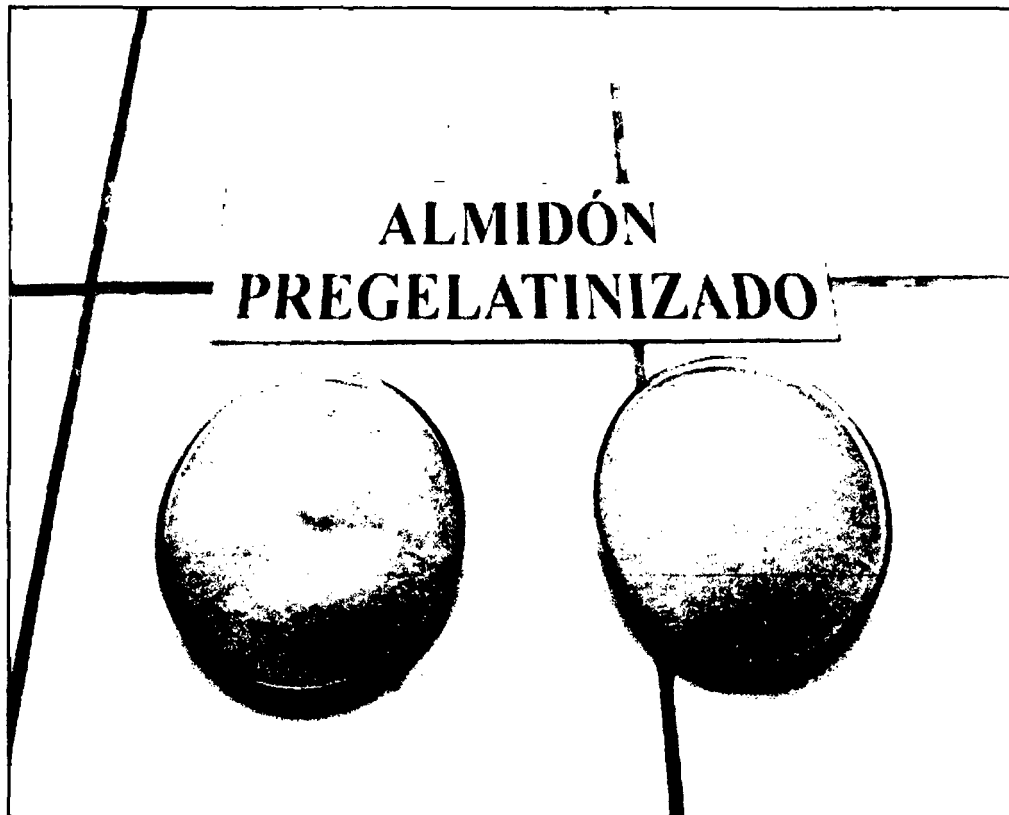
Fotografía 9. Pregelatinización del Almidón nativo extraído de *Colocasia esculenta*.



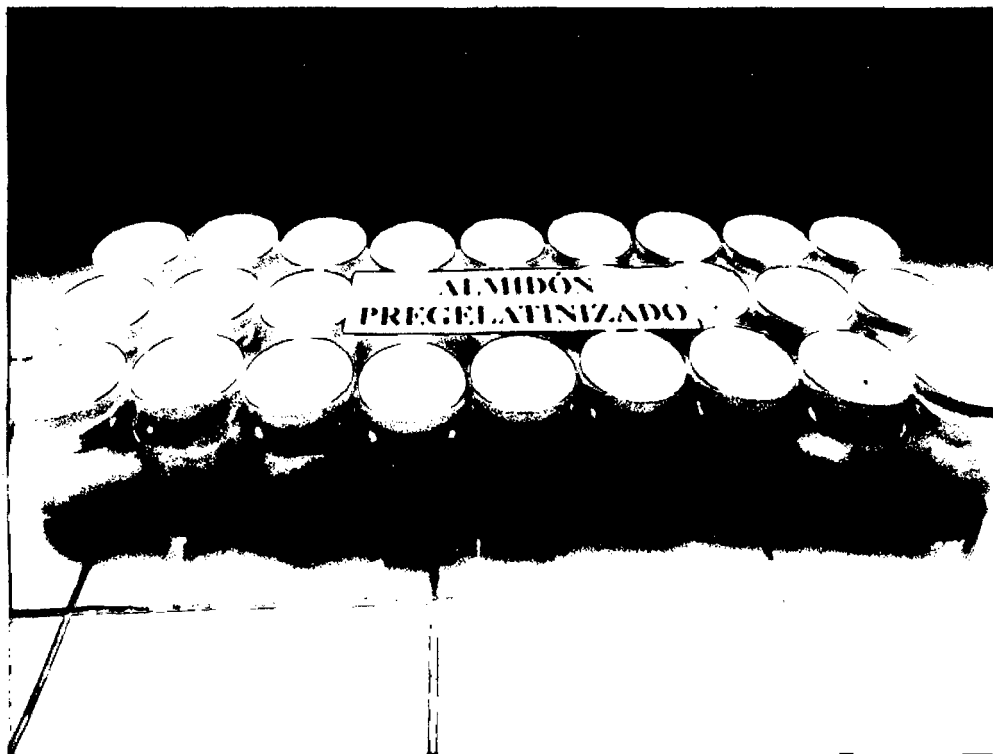
Fotografía 10. Almidón pregelatinizado listo para llevarlo al secado



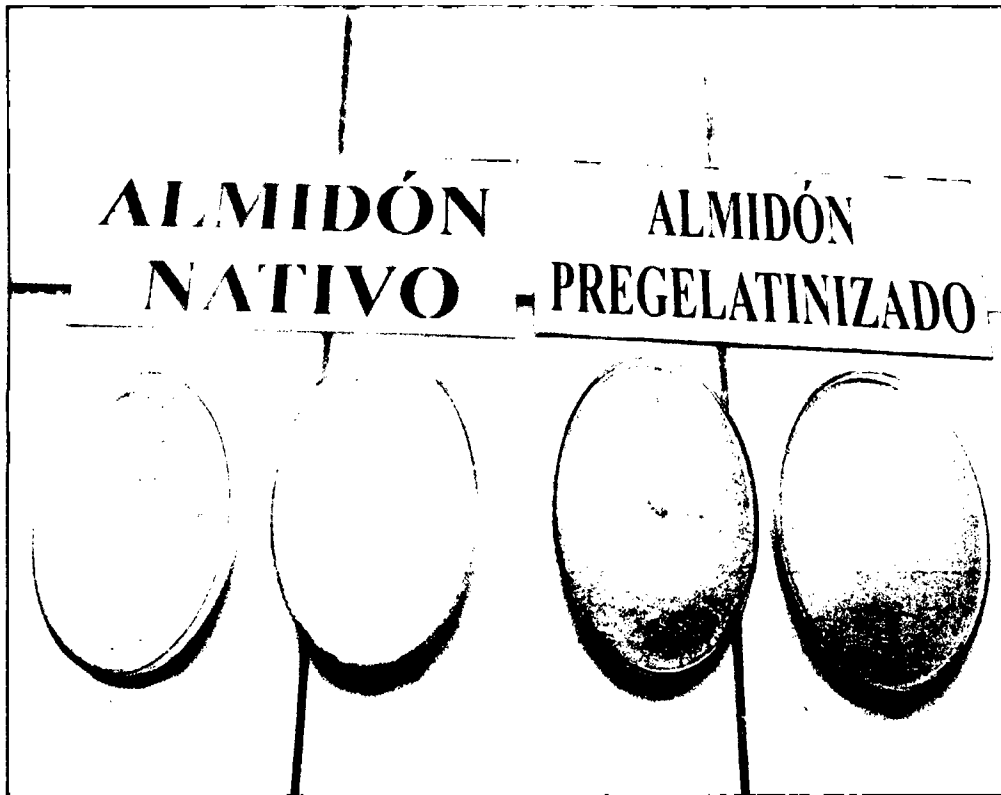
Fotografía 11. Secado del almidón pregelatinizado a partir del Almidón nativo de *Colocasia esculenta*.



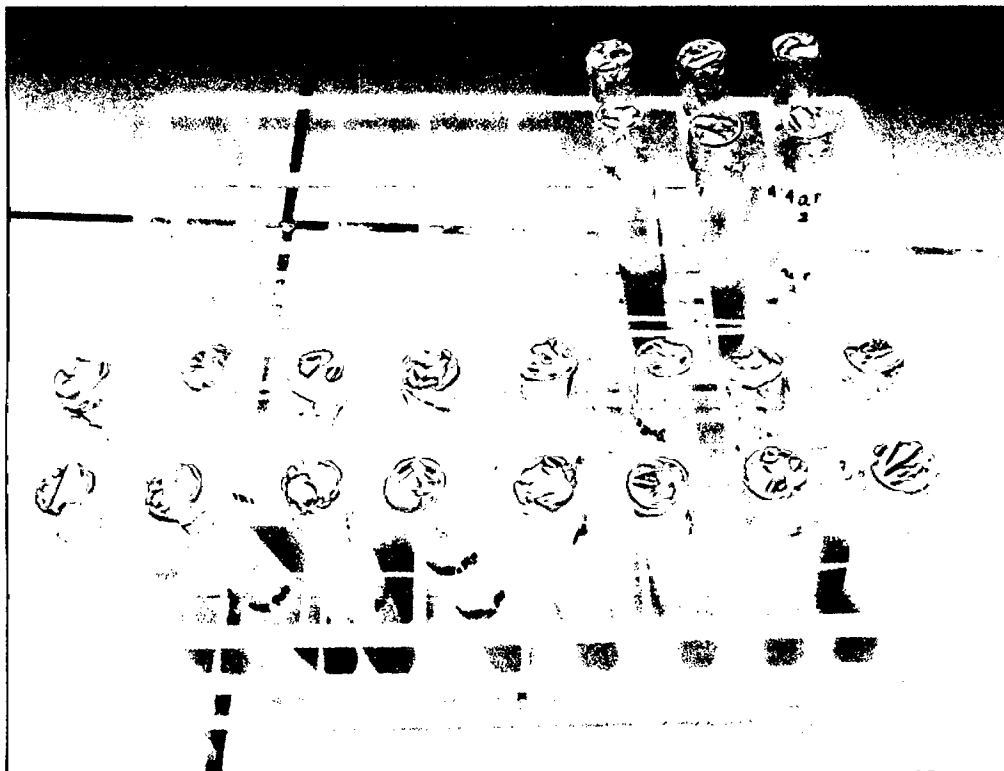
Fotografía 12. Almidón pregelatinizado seco



Fotografía 13. Almidón pregelatinizado en frascos de vidrio



Fotografía 14. Almidón nativo y pregelatinizado de *Colocasia esculenta*



Fotografía 11. Resultados de sinéresis del almidón pregelatinizado.