



TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA Y ALMIDÓN NATIVO DE CAMBUR VARIEDAD *Musa* AAA SUBGRUPO CAVENDISH 'WILLIAM'S', PARA SU USO EN ALIMENTOS.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Herrera C. Marielci A.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico.

Caracas, 2012.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA Y ALMIDÓN NATIVO DE CAMBUR VARIEDAD *Musa* AAA SUBGRUPO CAVENDISH 'WILLIAM'S', PARA SU USO EN ALIMENTOS.

Tutor Industrial: Inga. Istúriz, Rosaura

Tutor Académico: Ing. Yáñez, Francisco

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por la Br. Herrera C. Marielci A.

Para optar al Título
de Ingeniero Químico.

Caracas, 2012

Caracas, Junio de 2012

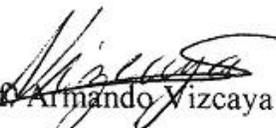
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Marielci Alejandra Herrera Cuevas, titulado:

Evaluación fisicoquímica y propiedades funcionales de la harina y almidón nativo de cambur variedad *musa* AAA subgrupo cavendish 'william's, para su uso en alimentos.

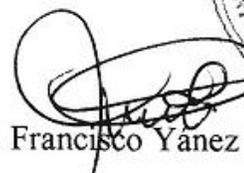
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO con el otorgamiento de MENCIÓN HONORIFICA.


Prof.^{ra} Shelly Alemán

Jurado

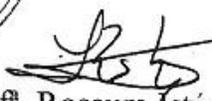

Prof. Armando Vizcaya

Jurado


Prof. Francisco Yáñez

Tutor Académico




Prof.^{ra} Rosaura Istúriz

Tutor Industrial

DEDICATORIA

Esta tesis representa la culminación de una etapa muy importante en mi vida, por eso este trabajo lo dedicó a DIOS que siempre me acompaña y me da las fuerzas para no desmayar en los momentos más difíciles, a mis PADRES por confiar y apoyarme siempre, a mi esposo MAIKER JIMENEZ por sus ánimos, apoyo incondicional y gran comprensión ayudándome en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE TODOPODEROSO, por guiarme, iluminarme y protegerme durante mi camino, siendo mi fuente infinita de luz y sabiduría.

A la UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, que fue y seguirá siendo mi segunda casa, por la formación académica que me ha brindado y también por todas las lecciones de vida y momentos inolvidables que viví en ella.

A mis padres AURA CUEVAS Y ELCIDES, quienes con su apoyo, amor incondicional, disciplina, dedicación e infinitos consejos aprendí a seguir adelante y luchar por mis metas.

A mi esposo MAIKER JIMENEZ, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento, su gran comprensión e infinito corazón.

A mi abuela CARMEN ROJAS y a mi TÍA NEYDAS HERRERA, por sus sabios consejos y estar siempre pendiente de mi desarrollo profesional y personal.

A mis familiares, por ser ejemplo a seguir muy especialmente deseo expresar mi más profundo afecto y aprecio A MIS HERMANOS Y PRIMOS.

A los DOCENTES de la Universidad Central de Venezuela, por todos sus conocimientos impartidos y por formarnos como profesionales éticos.

A mi tutora industrial ROSAURA ISTURIZ, por brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo, por toda su paciencia, conocimiento, orientación y dedicación para realizar del mismo. A usted Prof. ¡Muchas Gracias!

A mi tutor académico FRANCISCO YANEZ, por sus palabras de aliento, orientación y apoyo, al que le expreso mis respetos y aprecio.

A mí jurado SHELLY ALEMAN, por su asesoramiento y apoyo en la elaboración de este trabajo. A la que expreso mi más profundo afecto y aprecio por su paciencia y atención prestada.

A mi jurado ARMANDO VIZCAYA, por el asesoramiento y apoyo en la realización de este trabajo.

A la señora GLORIA BETANCOURT DE PINTO, por su gran ayuda durante mi estadía en el Laboratorio de Bioquímica de Alimentos: “Profa.

Emperatriz Pacheco de Delahaye”. A la que le expreso mi más profundo afecto y aprecio por su apoyo y sus palabras de aliento, por su amistad, atención y colaboración prestada.

Al INSTITUTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, en especial, a la Profa. Nora Techeira por el uso de las instalaciones del Laboratorio de Bioquímica de Alimentos: “Profa. Emperatriz Pacheco de Delahaye” para desarrollar los análisis de mi investigación.

Al INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS, por permitir y por facilitarme el uso de las instalaciones del Laboratorio de Bioquímica de Alimentos para desarrollar una etapa de mi investigación.

*A mis MARAVILLOSOS AMIGOS **Nerelys Lopez, Sergio Ibarra, Ronald Ybarra, Josmary Castro, Carlos González, Pedro García, Geovanny Silva, Luisana Gómez, Maholi Matera y Emily Rico**, por darme la oportunidad de compartir con ustedes durante toda mi estadía en la universidad y doy gracias a Dios por haberlos puesto en mi camino permitiendo ser como una familia, que a pesar de las dificultades y momentos difíciles nos mantuvimos unidos ayudándonos los unos a los otros con ese don que los caracteriza a cada uno para poder lograr los objetivos y metas propuestas, los quiero y aprecio mucho.*

Y a todas aquellas personas, que me apoyaron y que con sus palabras de aliento me incentivaron a seguir adelante.

Herrera C., Marielci A.

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROPIEDADES
FUNCIONALES DE LA HARINA Y ALMIDÓN NATIVO DE
CAMBUR VARIEDAD *Musa* AAA SUBGRUPO CAVENDISH
'WILLIAMS', PARA SU USO EN ALIMENTOS.**

Tutor Académico: Prof. Francisco Yáñez. Tutor Industrial: Profa. Rosaura Istúriz. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Año 2012, 107p.

Palabras claves: Cambur Williams, harinas, almidón de cambur, propiedades funcionales de los alimentos, Harina-temperatura.

Resumen. En el presente trabajo de investigación, se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina y almidón nativo de cambur variedad *Musa* AAA subgrupo Cavendish 'Williams', para su uso en alimentos. Se realizaron las determinaciones: color, pH, acidez, viscosidad, composición proximal, contenido de amilosa, índice de absorción y solubilidad en agua, poder de hinchamiento, solubilidad en agua fría, estabilidad y claridad de las pastas, consistencia del gel, capacidad de gelificación, capacidad de retención de agua, estabilidad al congelamiento, almidón resistente, digestibilidad 'in vitro' del almidón y de la proteína. Se estudió el efecto de la temperatura de secado (45, 65, 75 y 85°C) en las propiedades de las harinas, obteniendo como resultados que las mismas mostraron un buen potencial nutricional, con un elevado contenido de almidón (66,47% aproximadamente), cantidades apreciables de fibra dietética (de 4 a 6%) y polifenoles (0,36% a 0,77%) y bajo contenido de cenizas, grasas y azúcares reductores y totales. Asimismo, se obtuvo un almidón nativo con alta pureza (80,90%), se detectó que algunos compuestos químicos y ciertas propiedades funcionales de las harinas bajo estudio se ven afectadas por la temperatura de deshidratación de las harinas. Las harinas y el almidón nativo,

presentan geles estables con baja tendencia a la sinéresis con un máximo poder de gelificación. La estabilidad y claridad de las pastas, reveló que las harinas y el almidón pueden ser usados en alimentos que no requieran transparencia, mientras que la estabilidad al congelamiento mostró que no es recomendable usarlos en productos que necesiten congelación y debido al resultado de solubilidad en agua fría estos no pueden ser usados en productos instantáneos. En las propiedades nutricionales, la digestibilidad 'in vitro' del almidón y la digestibilidad 'in vitro' de la proteína se ven afectadas por la temperatura, a diferencia del almidón resistente, el cual presenta valores de 23,31 a 27,64% en las harinas y 24,28% para el almidón. Por último, se elaboró un pudín partiendo del almidón nativo, el cual presentó una buena estabilidad en el tiempo y en la evaluación sensorial fue aceptado en un 80%; por otro lado, se elaboró una torta a partir de cada harina estudiada, presentando menor variación de estabilidad en el tiempo la harina deshidratada a 85°C, siendo esta la preferida en la evaluación sensorial. En conclusión, tanto la harina como el almidón nativo de cambur Cavendish, presentan características fisicoquímicas y funcionales que los hacen competitivos a nivel comercial.

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos	5
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Marco Teórico.....	9
2.2.1 <i>Musáceas</i>	9
2.2.2 <i>Composición química</i>	10
2.2.3 <i>Importancia nutricional</i>	11
2.2.4 <i>Producción nacional</i>	12
2.2.5 <i>Harina de musáceas</i>	13
2.2.6 <i>Almidón</i>	13
2.2.7 <i>Gelatinización y gelificación</i>	15
2.2.8 <i>Retrogradación</i>	16
2.2.9 <i>Secado o deshidratación</i>	17
CAPITULO III	18
MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1 Materia prima.....	18
3.2 Curvas de secado para la obtención de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ bajo diferentes condiciones de temperaturas y tiempos.....	18
3.3 Obtención de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ empleando diferentes temperaturas y tiempo de secado.	19
3.4 Extracción del almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.	19

3.5	Características físicas y rendimiento del cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	20
3.6	Caracterización de las harinas y almidón nativo del cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	21
3.7	Propiedades funcionales de las harinas y almidón de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	25
3.8	Propiedades nutricionales.....	27
3.9	Formulación y evaluación de productos a partir de harina y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	28
3.9.1	<i>Evaluación del pudin de chocolate</i>	28
3.9.2	<i>Evaluación de torta de chocolate</i>	28
3.10	Análisis sensorial	28
3.11	Análisis estadístico.....	29
CAPITULO IV		30
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		30
4.1	Curvas de secado de las diferentes harinas obtenidas a partir del cambur verde variedad <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	30
4.2	Características físicas y rendimiento del cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	32
4.2.1	<i>Características físicas del cambur Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’</i>	32
4.2.2	<i>Rendimiento en los procesos de obtención de harina y almidón nativo a partir de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’</i>	32
4.3	Efecto de las diferentes temperaturas y tiempo de secado sobre las propiedades físicas de las harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	33
4.3.1	<i>pH y acidez titulable</i>	34
4.3.2	<i>Densidad aparente</i>	35
4.3.3	<i>Color</i>	35
4.4	Composición química de la harina y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	37
4.4.1	<i>Humedad</i>	37

4.4.2 Cenizas	38
4.4.3 Proteína cruda	39
4.4.4 Grasa cruda	40
4.4.5 Almidón	41
4.4.6 Amilosa y amilopectina	43
4.4.7 Fibra Dietética	44
4.4.8 Azúcares reductores y totales.....	44
4.4.9 Polifenoles totales	45
4.5 Efecto de las diferentes temperaturas de secado sobre las propiedades funcionales de las harinas y almidón nativo de cambur Cavendish ‘William0’s.....	46
4.5.1 Poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad en agua.	46
4.5.2 Solubilidad en agua fría.....	50
4.5.3 Estabilidad y claridad de las pastas.	51
4.5.4 Estabilidad al congelamiento y deshielo.....	53
4.5.5 Capacidad de retención de agua.....	55
4.5.6 Consistencia del gel.	56
4.5.7 Capacidad de gelificación.....	57
4.5.8 Viscosidad Aparente.....	58
4.5.9 Curvas amilográficas	60
4.6 Propiedades nutricionales del almidón nativo y el efecto de las diferentes temperaturas de secado de las harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s sobre estas propiedades.....	67
4.6.1 Digestibilidad “in vitro” del almidón.....	67
4.6.2 Almidón resistente	69
4.6.3 Digestibilidad de la proteína.	70
4.7 Formulación y evaluación de producto.....	71
4.7.1 Formulación de la torta	72

4.7.2	<i>Formulación del pudin</i>	72
4.7.3	<i>Estabilidad de las tortas de chocolate, elaboradas a partir de las harinas de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ obtenidas a diferentes temperaturas y tiempo de secado.</i>	73
4.7.4	<i>Estabilidad del pudin de chocolate a partir de almidón nativo de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.</i>	76
4.8	Evaluación sensorial.....	77
	LOGROS DE LA TESIS.....	79
	CONCLUSIONES.....	80
	RECOMENDACIONES	82
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	APENDICE	98
	Cálculos Tipos.....	98
	Anexos	106

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Algunos parámetros de la composición de la harina de cambur verde (<i>Musa</i> AAA) en base seca.	7
Tabla N° 2. Composición química del almidón nativo de plátano.	7
Tabla N° 3. Determinación de análisis fisicoquímicos de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (sigue).....	21
Tabla N° 4. Determinación de propiedades funcionales de las harinas y almidón de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (sigue).....	25
Tabla N° 5. Determinación de propiedades nutricionales de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	27
Tabla N° 6. Características físicas del cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.	32
Tabla N° 7. Rendimientos obtenidos en los procesos de obtención de harina y aislamiento del almidón nativo a partir de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.	33
Tabla N° 8. Caracterización física de la harina y almidón obtenidos a partir de cambur <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	33
Tabla N° 9. Características físico-químicas de las harinas y almidón nativo obtenido a partir de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’..	37
Tabla N° 10. Composición química en base seca de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish William’s.	42
Tabla N° 11. Solubilidad en agua fría de las muestra de harina y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’	50
Tabla N° 12. Estabilidad al congelamiento y deshielo de las harinas y del almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’	54
Tabla N° 13. Capacidad de retención de agua de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	55
Tabla N° 14. Consistencia del gel, expresada como desplazamiento en cm.	56

Tabla N° 15. Capacidad de gelificación, expresada como porcentaje de agua eliminada, determinada para las suspensiones de harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	57
Tabla N° 16. Características de gelatinización, determinadas haciendo uso del micro-viscoamilografo Brabender y expresadas en Unidades Brabender (UB), de las suspensiones de harinas y almidón nativo de cambur Cavendish ‘William’s’, preparadas al 7%.	61
Tabla N° 17. Formulación de un pudín de chocolate a partir de almidón de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	72
Tabla N° 18. Formulación de un pudín de chocolate a partir de almidón de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	73
Tabla N° 19. Contenido de humedad de las tortas elaboradas a partir de las diferentes harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’, evaluado durante los días 1 y 4 de almacenamiento.	74
Tabla N° 20. pH y acidez titulable de las tortas elaboradas a partir de las diferentes harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’, evaluados durante los días 1 y 4 de almacenamiento.	75
Tabla N° 21. Textura de las tortas elaboradas a partir de las diferentes harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’, evaluada durante los días 1 y 4 de almacenamiento.....	76
Tabla N° 22. pH, acidez titulable y °Brix del pudin de chocolate elaborado a partir del almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’, evaluado desde el día 1 al día 8 de almacenamiento.	77
Tabla N° 23. pH, acidez titulable y °Brix del pudin comercial evaluado el día de su elaboración	77
Tabla N° 24. Evaluación sensorial de las tortas elaboradas a partir de las harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’, obtenidas a partir de diferentes temperaturas y tiempos de secado.	78
Tabla N° 25. Evaluación sensorial del pudin de chocolate elaborado a partir de almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’..	78

Tabla N° 26. Hoja de respuestas de la evaluación sensorial de las tortas de chocolates elaboradas a partir de las harinas de cambur Cavendish ‘William’s obtenidas a diferentes temperaturas y tiempos de secado.	106
Tabla N° 27. Hoja de respuestas de la evaluación sensorial del pudin de chocolate elaborado a partir del almidón nativo de cambur Cavendish ‘William’s.	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la amilosa	14
Figura 2. Estructura de la amilopectina.....	14
Figura 3. Representación esquemática de los cambios que experimentan los gránulos de almidón durante la gelatinización.	16
Figura 4. Esquema tecnológico para la obtención de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.	19
Figura 5. Esquema tecnológico para la obtención almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.	20
Figura 6. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ a la temperatura de 45°C x 380 min.	31
Figura 7. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ a la temperatura de 65°C x 240 min.	31
Figura 8. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ a la temperatura de 75°C x 180 min.	31
Figura 9. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ a la temperatura de 85 °C x 180 min.	31
Figura 10. Poder de hinchamiento de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.....	48
Figura 11. Índice de absorción de agua de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’.....	48
Figura 12. Solubilidad en agua de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’.....	49
Figura 13. Estabilidad y claridad a temperatura ambiente de las pastas de las harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ obtenidas a diferentes temperaturas y tiempos de secado.	52

Figura 14. Estabilidad y claridad a 4°C de temperatura de las pastas de las harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenidas a diferentes temperaturas y tiempo de secado.....	53
Figura 15. Viscosidad aparente, determinada para las suspensiones de harinas de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s a las velocidades de deformación de 6, 12, 30 y 60rpm.....	59
Figura 16. Viscosidad aparente, determinada para las suspensiones de almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, a las velocidades de deformación de 6, 12, 30 y 60rpm.....	59
Figura 17. Viscosidad aparente, determinada para las suspensiones de las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s con respecto al tiempo, a una velocidad de deformación constante de 30rpm.	60
Figura 18. Curva amilográfica obtenida para la suspensión al 7 % de almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.	62
Figura 19. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 45°C x 380 min. .	63
Figura 20. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 65°C x 240 min. .	63
Figura 21. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 75°C x 180 min. .	63
Figura 22. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 85°C x 180 min. .	63
Figura 23. Digestibilidad “in vitro” del almidón para las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.	69
Figura 24. Contenido de almidon resistente en las harinas y almidon nativo de cambur <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.....	70
Figura 25. Digestibilidad de la proteína, determinada en porcentaje para las harinas y almidón nativo de cambur verde <i>Musa</i> AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.	71

INTRODUCCIÓN

La utilización de harina y almidón nativos obtenidos a partir de musáceas, como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos, es una forma de incentivar e incrementar la producción y demanda de este rubro.

El cambur es uno de los frutos que mayor consumo ha tenido en Venezuela y en el mundo por su valor alimenticio, la facilidad de su cultivo, resistencia para el transporte y bajo precio en comparación con otras frutas (MPPCTI, 2010), ocupa el tercer rubro alimenticio energético de producción en Venezuela después del maíz y el arroz, y el primero entre las frutas (FAOSTAT, 2009).

Generalmente esta fruta se consume fresca, la cual es muy valiosa gracias a sus múltiples nutrientes que mantienen saludable al organismo y lo ayudan a vencer: la tensión arterial alta, regular el tránsito intestinal, regular la glucosa en la sangre, los niveles de triglicéridos y colesterol, estimula la producción de hemoglobina y tiene efecto protector frente al cáncer de colon al inhibir el crecimiento de las células tumorales mediante diferentes mecanismos y estimulación del sistema inmunológico (MPPCTII, 2010). El cambur está compuesto principalmente de carbohidratos que en condiciones de inmadurez se encuentra en forma de almidón pero cuando se madura se convierte en azúcar, por lo que su consumo en cualquier estado eleva los niveles de energía de manera inmediata (Ly, 2004); además contiene fibra, vitamina A, todas las del grupo B y la vitamina C, minerales como hierro, calcio, potasio y magnesio.

La variedad de usos del cambur es amplia, pero sólo una pequeña parte de su producción se destina a la industria alimentaria para la elaboración de compotas, mermeladas, tostones y bocadillos. Además, debido a la composición del cambur verde, este puede ser procesado para obtener harina y almidón, que son productos con mejores características de almacenamiento, y que permite el desarrollo de nuevos productos que complementen la dieta del ser humano.

La obtención de nuevos productos utilizando harinas y/o almidón de cambur, además de incrementar la producción nacional, permitiría la diversificación de productos alimenticios y el desarrollo de alimentos funcionales, ya que el cambur proporciona grandes beneficios para la salud. Antiguamente, la harina de cambur verde se utilizaba en la elaboración de teteros para bebés (Pérez, 1997); y en la actualidad este producto sigue formando parte esencial de la cocina peruana y de las Islas Canarias.

El almidón es un polisacárido muy usado en diferentes industrias, entre las que se encuentran la industria de alimentos, donde es usado como aditivo para impartir consistencia, encapsular olores o retener humedad (Cabrera, 2007). Las musáceas en estado verde o inmaduro tienen gran cantidad de almidón, el cual según estudios realizados por Englyst y Cummings (1992), se clasificó como digerible y resistente (carbohidrato no digerible).

El presente trabajo propone la evaluación fisicoquímica y propiedades funcionales de la harina y almidón nativo de cambur variedad *Musa* AAA subgrupo Cavendish 'Williams', para su uso como alimento, diversificando así el uso de materia prima no convencional con la finalidad de la elaboración de nuevos productos como complemento de la dieta del ser humano.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

1.1 Planteamiento del problema

Con el pasar del tiempo, en el mercado nacional y mundial la variedad de productos procesados a base de maíz, arroz y trigo han ido aumentando, y con ello la cultura alimentaria del ser humano ha cambiado. Sin embargo, existe el problema de la disponibilidad de alimentos para abastecer las poblaciones actuales y futuras, por lo que se hace necesario aumentar la productividad y diversificación de otros rubros.

Venezuela es un gran productor y consumidor de carbohidratos, las cuales están compuestas principalmente de carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales. El cambur es una maravillosa fruta que posee un alto valor nutricional, por lo que no sólo es una buena fuente de energía sino que también ayuda al organismo a vencer: la tensión arterial alta, regular el tránsito intestinal, disminuir la glucosa de la sangre, los niveles de triglicéridos y colesterol; asimismo tiene efecto protector frente al cáncer de colon. En tal sentido, un alimento a base de cambur podría considerarse, como funcional porque además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas del ser humano, proporciona beneficios para la salud reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades como las mencionadas, gracias a la estrecha relación existente entre la alimentación y la salud.

Es necesario mencionar, que hay individuos predispuestos genéticamente a la intolerancia al gluten, proteína que el cambur no posee y que se encuentra en algunos cereales como el trigo, la cebada, el centeno, la avena y los productos derivados de la harina de estos, lo que significa que la ingesta de alimentos que contengan gluten les daña la superficie de la mucosa del intestino delgado ocasionando la incapacidad de absorción de nutrientes. El tratamiento de esta enfermedad consiste en una dieta estricta donde se prohíbe el consumo de esta proteína y a pesar que se han desarrollado productos comerciales para pacientes

celiacos, estos encuentran limitaciones en su alimentación porque la variedad de productos en el mercado es escasa. Además, se ha demostrado que aún cuando estos pacientes cumplan estrictamente la dieta, pueden presentar complicaciones debido a las deficiencias de Ca, Mg, vitamina D, Fe, Zn y fibra.

En la actualidad, la industria alimentaria busca diversificar el uso de materia prima no convencional que se encuentre disponible en cantidades apreciables en Venezuela, por ello en este trabajo de investigación se va a hacer uso del cambur variedad (*Musa AAA*) subgrupo Cavendish ‘Williams’ con la finalidad de obtener harina y almidón para desarrollar nuevos productos como complemento de la dieta de todo público, saliendo de los paradigmas alimenticios para adquirir nuevos hábitos, manteniendo una visión sana.

1.2 Objetivos

Objetivo general

Evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina y almidón nativo de musáceas variedad *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’, para su uso como alimento.

Objetivos específicos

- Elaborar harinas a partir de cambur verde, utilizando diferentes temperaturas y tiempo de secado.
- Evaluar el efecto de las diferentes temperaturas y tiempo de secado sobre las características físicas, químicas y propiedades funcionales de las harinas obtenidas.
- Obtener almidón a partir de cambur verde.
- Determinar las características físicas, químicas y propiedades funcionales del almidón obtenido.
- Elaborar un producto a partir de la harina y el almidón.
- Evaluar sensorialmente los productos obtenidos y su estabilidad en el tiempo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes

González y Pacheco (2006). Realizaron un estudio de la “Caracterización física y reológica de la harina de cambur verde (*Musa* AAA) y su efecto en la elaboración de un gel a base de jugo de piña pasteurizado”, analizaron la harina de cambur verde secada en una estufa a 80°C y obtuvieron la composición química que se muestra en el Tabla N° 1, en el cual se observa que los componentes de mayor porcentaje en dicha harina fueron el almidón (74,94 % en bs) y la fibra dietética (7,71 %bs) mientras que el contenido de grasa, proteínas y cenizas se encontraron en cantidades menores. Por otra parte, el índice de absorción, poder de hinchamiento y el índice de solubilidad indicaron un uso potencial para la elaboración de salsas de buena consistencia y geles espesos. Además, elaboraron diferentes formulaciones de geles de piña utilizando como espesante la harina de banana verde y lo compararon con el almidón de maíz comercial, sometidos a una evaluación sensorial, que permitió establecer que los geles de piña formulados con harina de cambur verde podrían ser competitivos a nivel comercial.

Bello-Pérez et al. (2006). En su estudio “Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidón resistente” aislaron almidones de frutos verdes de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y determinaron su composición química, la cual se muestra en el Tabla N°2, donde se observa una pureza del almidón en un 93%, aproximadamente, y un contenido total de amilosa de 38%, con bajos porcentajes de lípidos, proteínas y cenizas.

Pacheco et al. (2008). Realizaron un estudio de “Caracterización de la harina de plátano”, haciendo uso de diferentes métodos de deshidratación donde los resultados obtenidos confirman la viabilidad de la producción de harina de plátano ya que posee un contenido de humedad en niveles adecuados para una vida útil estable. Además, estas harinas tienen un contenido importante de fibra

dietética y almidón, así como diferentes comportamientos funcionales que la hacen de interés como ingredientes para la producción de alimentos.

Tabla N° 1. Algunos parámetros de la composición de la harina de cambur verde (*Musa AAA*) en base seca.

Composición química	g/ 100 g de harina
Ceniza	2,72 ± 0,03
Proteína	4,37 ± 0,05
Grasa	0,20 ± 0,01
Fibra dietética	7,71 ± 0,43
Humedad	5,18 ± 0,03
Almidón	74,94 ± 4,32
Amilosa (g/100g almidón)	25,68 ± 0,04
Amilopectina (g/100g almidón)	74,32 ± 0,04

Fuente: González y Pacheco (2006)

Tabla N° 2. Composición química del almidón nativo de plátano.

Composición química	Porcentaje (%)
Humedad	4,9±0,5
Lípidos*	2,3±0,3
Proteínas*	1,7±0,1
Cenizas*	0,4±0,5
Almidón total*	92,5±0,7
Amilosa aparente*	37,0±1,0
Amilosa total*	37,4±0,6

*Base Seca

Fuente: Bello-Pérez *et al.* (2006)

Alemán (2009). En su estudio de las “Propiedades químicas y funcionales del almidón de topocho (*Musa ABB*) y su uso en geles de mora” destacó que la harina de topocho, es una fuente de almidón, amilosa y fibra dietética con valores

promedios 72,02%; 31,69% y 7,69% respectivamente y con un contenido bajo de grasa (0,42%). Por otro lado, el almidón nativo de topocho presentó un alto contenido de almidón y amilosa de 98,99% y 45,90%, respectivamente. De allí concluyó que la harina y almidón de topocho verde pueden ser usados en la industria alimentaria. En cuanto a la evaluación sensorial de los geles de mora elaborados con almidón nativo y modificados de topocho, los panelistas prefirieron en primer lugar el gel espesado con almidón granular, seguido por los geles espesados con almidón nativo de topocho y por último los geles espesados con almidón de maíz comercial.

Soto (2010). Realizó una “Cuantificación del almidón total y resistente en harina de plátano y banana verde” donde los resultados obtenidos muestran que la composición nutricional de ambas variedades refleja la elevada cantidad de carbohidratos totales (81-87%), una interesante cantidad de proteínas (2-3%) y un buen aporte en minerales (2% de ceniza); además, los resultados muestran que la harina de cambur verde presenta mayor cantidad de almidón total (73,42%) y de almidón resistente (24,82%) en comparación con la harina de plátano verde que presenta resultados de almidón total (68,13%) y de almidón resistente (21,06%). Llegándose a la conclusión de que el cambur como el plátano verde representan una buena fuente de almidón resistente que pueden ser aprovechados en la preparación de diversos productos propios de la región.

Bello-Pérez et al. (2000b). Elaboraron un estudio del “Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas” estas galletas eran polvorones y pasta seca a base de almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) y de almidón comercial de maíz (*Zea mays* L.), para hacer comparaciones entre estos productos, obteniendo que en las galletas tipo polvorón no hubo diferencias entre las dos fuentes de almidón, pero en el caso de las pastas secas las diferencias fueron significativas, a favor de aquellas elaboradas con almidón de maíz. Además, aplicaron una prueba para algunos atributos sensoriales y de textura entre los polvorones y pastas secas, concluyendo que el almidón de plátano podría ser un buen sustituto del almidón de maíz en este tipo de alimento.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Musáceas

Los cambures, plátanos y topochos pertenecen al género *Musa* de la familia de las Musáceas en el orden de las zingiberales, siendo originarias de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* con las que se realizaron diferentes hibridaciones dando origen a caracteres diploides, triploides y tetraploides (Da Mota *et al.*, 2000 y INIBAP, 1997). La *M. acuminata* es una especie seminífera con diversas subespecies y la *M. balbisiana*, también seminífera, pero más estable y vigorosa que la anterior, ambas pertenecientes a la sección Eumusa (Simmonds, 1966 y Champion, 1963).

Simmonds y Shepherd (1955), expone que los clones o cultivares de musáceas pertenecen a dos grandes grupos como: los cultivares que solo tiene un genoma acuminata (A), que comprenden los diploides (AA) y los triploides (AAA); y los cultivares con genomas acuminata (A) y balbisiana (B), como los comprendido por los triploides de predominancia acuminata (AAB) y los triploides de predominancia balbisiana (ABB). Entonces, los cultivares del sub-grupo Cavendish pertenecen al grupo AAA lo que indica que es un triploide acuminata al cual se integra la variedad Williams (Simmonds, 1954).

Las musáceas son nativas del sur del continente asiático y las Islas de Malasia, donde han sido cultivadas desde hace miles de años y donde antiguamente estos frutos eran no comestibles por la cantidad de semillas que tenían. En el siglo XV fue llevada a Madagascar y de allí se difundió por la Costa Oriental y Central de África. Después, en el año 1516, por medio del reverendo Tomas Berlanga, fueron traídas plantas de musáceas desde las Islas Canarias hasta Santo Domingo (América), expandiéndose por toda la América tropical (Ministerio de Agricultura y Tierras, 2009; Robinson y Galán 2010; Nava, 1997 y Cartay, 1997).

Las musáceas son monocotiledóneas que se reproducen asexualmente brotando vástagos desde un tallo subterráneo año tras año de una única planta, lo

que los hace cultivo perenne, que crece rápidamente y se puede producir un racimo en menos de un año (FAO, 2004; Belalcazar, 1991).

El cambur proviene de una planta herbácea que crece de 3 a 9 m de altura en 9 a 15 meses según la variedad (Cartay 1997), el tallo de esta planta en realidad es un rizoma (formado por la unión de las vainas foliares) que almacena el alimento preparado por la hojas para nutrir la planta y luego el racimo.

2.2.2 Composición química

La composición química de las musáceas cambia radicalmente con el grado de maduración del fruto, ya que uno de los principales carbohidratos que constituye el cambur verde es el almidón (Bello *et al.*, 2000a); sin embargo cuando la fruta madura y se vuelve amarilla, el almidón se hidroliza y forma glucosa, fructuosa y sacarosa, razón por la cual el fruto maduro es más dulce (Happi *et al.*, 2007).

Las musáceas contienen, aproximadamente, un 70% de su peso seco de almidón, también contiene fibra, K, Mg, P, Ca, Fe, vitaminas A y C, polifenoles y ácidos orgánicos; en pequeñas porciones posee proteínas y lípidos, cubriendo de esta manera las necesidades requeridas por la dieta básica del ser humano (Bello *et al.*, 2006; Flores *et al.*, 2004; Vergara *et al.*, 2007).

Los cambures, plátanos y topochos son fuente importante de compuestos fenólicos y ácidos orgánicos lo que les atribuye propiedades sensoriales a la fruta, siendo esta de un buen aroma y de sabor aceptado por los consumidores. El pardeamiento enzimático, está relacionado con la oxidación de compuestos fenólicos (generalmente de tipo flavonoides) en presencia de O₂, estos compuestos se encuentran localizados principalmente en las vacuolas y son catalizados por la enzima polifenoloxidasas; este oscurecimiento enzimático ocurre en el fruto debido a la eliminación de la concha.

La harina de cambur verde es una fuente de hidratos de carbono complejos, principalmente de almidón resistente (Tribess, 2008), fibra dietética y polifenoles (flavonoides, antocianos, taninos, etc.) lo cual es beneficioso para la

salud del ser humano porque los carbohidratos no digeribles (almidón resistente y fibra dietética) contribuyen a la prevención del cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares y por otro lado los flavonoides son compuestos antioxidantes que dan un valor nutritivo considerable (Bello - Pérez *et al.*, 2011). Por consiguiente, en investigaciones realizadas con ratas, se demostró que la harina de plátano verde disminuyó el colesterol en el plasma sanguíneo de estas y se encontró un 17 % de almidón resistente no digerible (Pacheco *et al.*, 1998). Cummings y Englyst (1995), indican que la papa y la harina de plátano verde son los productos que contienen mayor cantidad de almidón resistente.

2.2.3 *Importancia nutricional*

El cultivo de cambur es importante en Venezuela debido a su alto contenido de nutrimentos (vitaminas y minerales) y gran aporte calórico (FAO, 2007); las musáceas aportan al organismo un gran contenido de fibra dietética, mayormente en forma de harina (fruto verde), que junto al almidón resistente interviene positivamente en la salud, disminuyendo el riesgo de enfermedades coronarias, muertes por diabetes, entre otras, gracias a la estrecha relación entre la alimentación y la salud (Pacheco *et al.*, 2004 y Juárez, 2005).

Ly (2004) y Elliot y Heward (1976), exponen que los cambures tienen efectos benéficos, en la dieta del ser humano, que cada día son más relevantes y debido a su alto valor nutritivo tanto en estado verde (almidón) como maduro (sacarosa) son fuente de energía.

La harina de cambur verde posee carbohidratos no digeribles y compuestos antioxidantes que pueden mejorar las características de los alimentos y tener un impacto de cierta funcionalidad que aporta beneficios para la salud humana (Bello-Pérez, *et al.*, 2011), por lo tanto el porcentaje de almidón presente en el plátano verde representa una alternativa para su aislamiento y aplicación para elaborar diversos alimentos como los productos de panificación, pastas y repostería. De igual forma, Torres-Gutiérrez *et al.* (2007) acotan que las propiedades del almidón de plátano le aportan aplicaciones potenciales en los

sistemas alimentarios que requieren procesos de alta temperatura, tales como mermeladas, embutidos, panadería y productos enlatados; sin embargo no es apropiado para su uso en los alimentos refrigerados o congelados.

Las musáceas no contienen gluten (Pacheco y Testa, 2005), el cual la combinación de proteínas de glutenina y gliadinas en el trigo; hordeínas en la cebada; secalinas en el centeno y avenina en la avena (Araya, 2001).

Por otra parte, es importante mencionar la existencia de personas celiacas, es decir, individuos predispuestos genéticamente a la intolerancia al gluten, en los cuales la ingestión de alimentos que contienen esta proteína les daña la superficie del intestino delgado lo que lleva a la incapacidad de absorción de nutrientes. Además, se ha demostrado que aun cuando estos pacientes cumplan una dieta estricta sin gluten (único tratamiento existente), pueden desarrollar complicaciones por las deficiencias de calcio, magnesio, vitamina D, hierro, zinc y fibra (Catassi, 2005; Polanco, 1996; Cruchet *et al.*, 2003; Alonso *et al.*, 2001)

2.2.4 *Producción nacional*

Las musáceas comestibles son el alimento básico para más de 400 millones de personas a nivel mundial y constituyen el tercer rubro alimenticio energético de producción en Venezuela después del maíz y el arroz y el primero entre las frutas, presentando para el año 2008, aproximadamente, una producción de plátano de $4,9 \cdot 10^5$ MT y de banano de $3,8 \cdot 10^5$ MT (FAOSTAT, 2009).

Por consiguiente, las estadísticas de la FAOSTAT (2009) muestran que para el año 2009, Venezuela contó con un total de 30000 hectáreas sembradas para el cambur y 50000 hectáreas sembradas para el plátano, obteniendo una producción de $4 \cdot 10^5$ y $4,8 \cdot 10^5$ toneladas para el banano y el plátano respectivamente con $1,3 \cdot 10^4$ Kg/Ha para el cambur y $9,6 \cdot 10^3$ Kg/Ha para el plátano observándose un rendimiento mayor para el banano.

Entre los principales estados productores de musáceas en Venezuela, se encuentran: Zulia, Aragua, Barinas, Miranda, Yaracuy, Trujillo, Monagas y Sucre (Ministerio de Agricultura y Tierra, 2006).

2.2.5 *Harina de musáceas*

Se entiende por harina a todo aquel producto finamente triturado, obtenido de la molturación de un cereal o de otros alimentos ricos en almidón. El nombre genérico de las harinas depende de la materia prima de la cual preceden (Calaveras, 2004).

Es importante mencionar que como el principal componente de las harinas vegetales es el almidón, el cambur verde puede ser transformado en harina debido a que posee gran cantidad de este componente.

2.2.6 *Almidón*

El almidón es la reserva de glúcidos del reino vegetal que se encuentra en las semillas, en los bulbos, en la linfa, en las raíces y en los frutos de plantas como el maíz, el trigo, el arroz, la patata, la tapioca y el plátano (Scicolone, 2002), siendo el principal hidrocoloide formador de estructura, y desde el punto de vista químico es una mezcla polimérica de moléculas, una esencialmente lineal soluble en agua llamada amilosa y otra ramificada insoluble conocida como la amilopectina. Ambas, corresponden a dos carbohidratos diferentes de elevado peso molecular y que están constituidas por D-glucosa de diferente tamaño y forma (Pacheco, 2001 y Durán, 2005).

De acuerdo con Meneses (2007), el almidón es un polímero natural formado por gránulos con características particulares dependiendo de la fuente de procedencia, dichos gránulos poseen una estructura macromolecular ordenada en capas concéntricas, siendo las capas externas de amilopectina y las internas de amilosa. Estas últimas condicionan la propiedad del almidón, las cuales varían según el origen de este. El 70% aproximadamente de la masa de un grano de almidón se considera amorfo y el 30% aproximadamente cristalino; en las zonas amorfas se localiza la mayor parte de la amilosa aunque también una fracción considerable de amilopectina, mientras que las zonas cristalinas están formadas por amilopectina (Swinkels, 1996)

La amilosa es poco estable en solución (Figura 1), tiende a formar geles irreversibles y produce una película muy dura, a diferencia de la amilopectina (Figura 2) que genera soluciones muy viscosas y estables que no forman geles irreversibles (Scicolone, 2002 y Ordoñez, 1998).

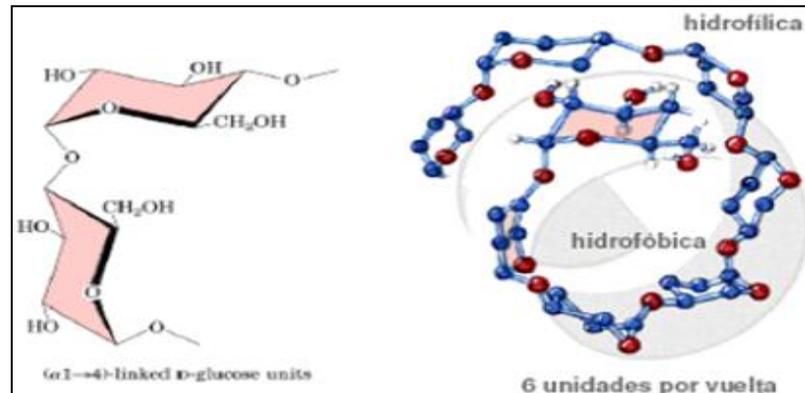


Figura 1. Estructura de la amilosa
Fuente: UAM, 2005

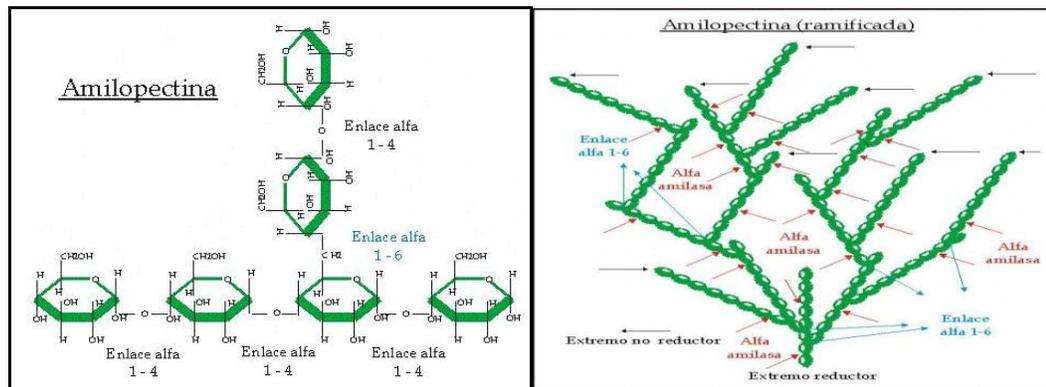


Figura 2. Estructura de la amilopectina
Fuente: Mondragón, 2004

Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos por sus propiedades espesantes y gelificantes (Bello-Pérez, 2002).

Waliszewski *et al.*, 2002 señalan que el almidón de cambur es una excelente fuente no convencional de almidón para la industria de alimentos. Mientras que Zhang *et al.*, (2005) indican que las características funcionales del mismo pueden ser aprovechadas para que sea utilizado comercialmente como

ingrediente en alimentos procesados, debido a que este posee mayor estabilidad que otros almidones en estado nativo, además de presentar comparablemente una baja solubilidad y poder de hinchamiento, lo que refleja una estructura fuertemente organizada.

El almidón es utilizado en diversos sectores, como la industria de alimentos, la industria textil, de papel y cartón, la industria farmacéutica, la industria de adhesivos, ente otros (Alarcón y Dufour, 1998)

2.2.7 Gelatinización y gelificación

La gelatinización del almidón se refiere al colapso o disrupción del orden molecular en el interior de los gránulos cuando éstos se calientan en presencia de agua, provocando la aparición de una serie de cambios irreversibles, entre los cuales destacan la pérdida de birrefringencia, el incremento en el tamaño de los gránulos y la solubilización del almidón (Figura 3) (Ring, 1985; Atwell *et al.*, 1988, Tester y Morrison, 1990).

Este proceso, se inicia con el calentamiento de las suspensiones de almidón, en una primera etapa, las moléculas de agua se difunden por las zonas amorfas del gránulo produciéndose un hinchamiento reversible (Miles *et al.*, 1984; Karim *et al.*, 2008). En esta etapa de “hinchamiento reversible” los gránulos de almidón aún conservan su estructura semicristalina, sus propiedades ópticas no se ven afectadas, como es el caso de la birrefringencia, que no es más que la capacidad que tiene la suspensión de almidón de refractar la luz polarizada en dos direcciones perpendiculares entre sí. Esta propiedad de birrefringencia es producto de la forma bajo la cual se organizan las moléculas en el interior de los gránulos (Bowler *et al.*, 1980; Beleia *et al.*, 2006).

Si el calentamiento continúa, se rompen los puentes de hidrógeno en el interior de los gránulos, facilitando el ingreso de agua a los mismos; éstos absorben agua lentamente y se hinchan (Ring, 1985). Este proceso es irreversible y ocurre después de que se alcanza una temperatura crítica o temperatura de

gelatinización, la cual es característica de cada almidón pero también depende de la concentración de la suspensión (Coultate, 1998; Freitas *et al.*, 2004).

Una vez ocurrida la gelatinización, durante el enfriamiento de la suspensión, ocurren los fenómenos conocidos como gelificación y retrogradación. En la gelificación las moléculas de almidón se vuelven menos solubles y tienden a agregarse, mientras que en la retrogradación ocurre la recristalización de las cadenas de los polímeros agregados en el gel (Kitamura *et al.*, 1984; Karim *et al.*, 2008; Keetels *et al.*, 1996).

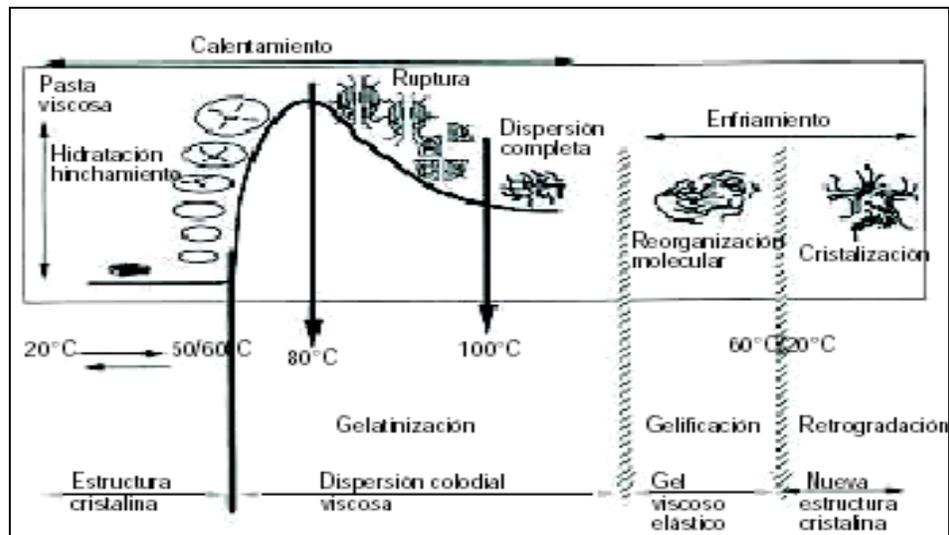


Figura 3. Representación esquemática de los cambios que experimentan los gránulos de almidón durante la gelatinización.

Fuente: Howling, 1980.

2.2.8 Retrogradación

La presencia y el desarrollo de la retrogradación dependen de la especie botánica, de la proporción de amilosa y amilopectina, del peso molecular de la amilosa y de la longitud de la cadena de amilopectina (Keetels *et al.*, 1996; Thomas y Atwell, 1999).

La retrogradación es un proceso que ocurre, luego de que las pastas producidas en el calentamiento, son sometidas a un enfriamiento. Produciendo el rearreglo o la recristalización de las cadenas de los polímeros agregados en el gel (Kitamura *et al.*, 1984; Miles *et al.*, 1984; Karin *et al.*, 2008). El producto pierde flexibilidad y parece más seco y quebradizo, además con el tiempo estos geles incrementan su tendencia a experimentar la exudación de agua, bajo un fenómeno conocido como sinéresis (Jacobson *et al.*, 1997; Ishiguro, 2000; Zhang *et al.*, 2005).

2.2.9 *Secado o deshidratación*

El secado ha sido desde los tiempos más remotos, un medio de conservación de los alimentos, pues les permitirá a nuestros antepasados contar con productos alimenticios con mayor tiempo de vida. Con el pasar del tiempo la población ha ido aumentando y con ello la demanda de alimentos, lo que ha ocasionado que la industria de conservación de alimentos por secado haya adquirido una gran importancia en el sector alimenticio (Ibarz, 2005).

La deshidratación es la operación mediante la cual se elimina total o parcialmente el agua de la sustancia que la contiene (Fito, 2001), consiguiendo de esta forma una mejor conservación microbiológica, además de retardar muchas reacciones indeseables. Por otra parte, también merman los costos de envasado, manejo, almacenado y transporte debido a que se disminuye el peso del alimento y en algunos casos el volumen (Ibarz, 2005 y Fito, 2001).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Materia prima

Con la finalidad de minimizar la posibilidad de mezclas varietales, los cambures variedad *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘*Williams*’ en estado verde o inmaduro, fueron suministrados por el banco de germoplasma de musáceas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, ubicado en el municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua.

El procesamiento de la materia prima y los diferentes análisis físicos, químicos y funcionales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Bioquímica de Alimentos “Dra. Emperatriz Pacheco de Delahaye” del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

3.2 Curvas de secado para la obtención de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ bajo diferentes condiciones de temperaturas y tiempos.

Las curvas de secado para las diferentes temperaturas y tiempos, se obtuvieron empleando la metodología planteada por Maldonado y Pacheco (2003). Para este procedimiento, se contó con los datos del proceso de secado (humedad en base seca en función del tiempo) y se realizó la gráfica correspondiente, para ello se pesaron las muestras a intervalos de 30 minutos, por el tiempo que fue necesario hasta lograr alcanzar peso constante. Entonces, con la humedad inicial del material fresco y la del sólido deshidratado después de cada secado fue determinado por el método propuesto por la AOAC (1990), donde el valor de la humedad se obtuvo por diferencia del peso inicial con respecto al peso final dividido entre el peso inicial y multiplicado por 100.

3.3 Obtención de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ empleando diferentes temperaturas y tiempo de secado.

La harina de cambur verde se obtuvo de acuerdo con la metodología propuesta por Pacheco y Testa (2005), que se muestra en la Figura 4.

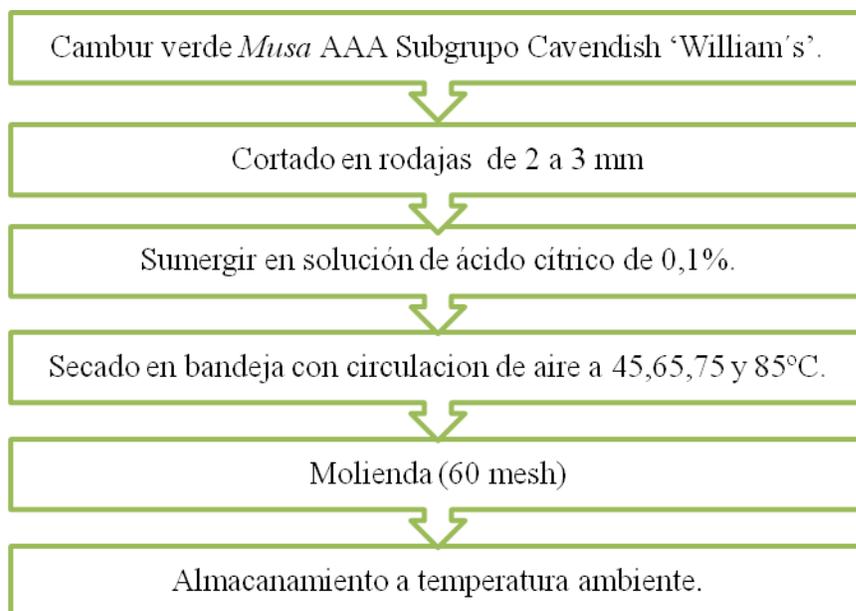


Figura 4. Esquema tecnológico para la obtención de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Fuente: Pacheco y Testa (2005).

3.4 Extracción del almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

El almidón nativo de cambur verde se obtuvo mediante la metodología empleada por Pérez *et al.* (2005), la cual se muestra a continuación en la Figura 5.

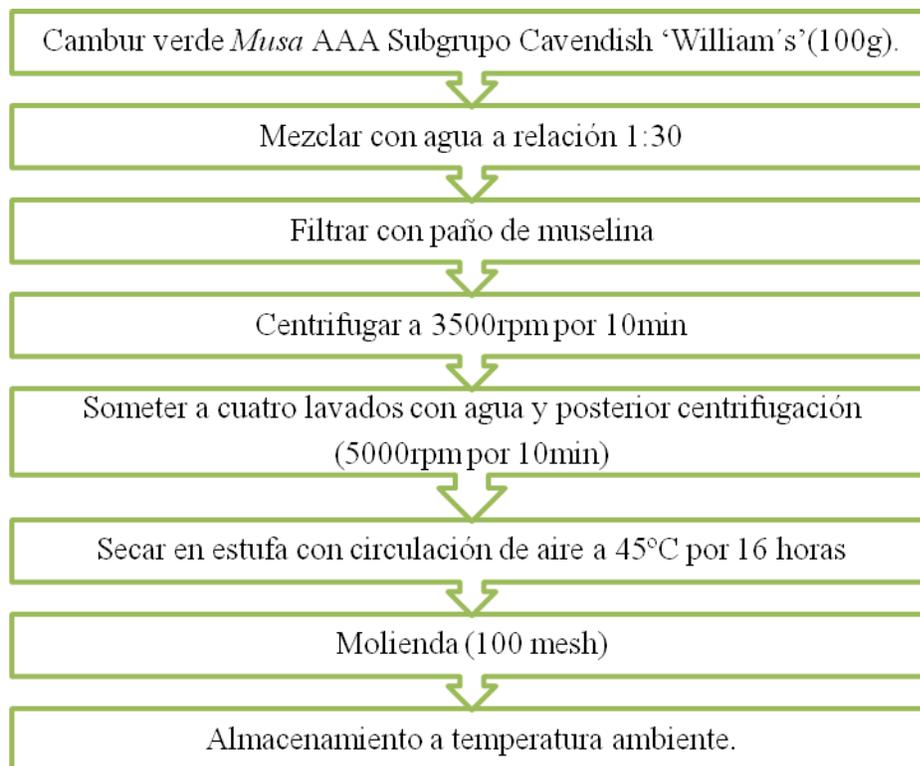


Figura 5. Esquema tecnológico para la obtención almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish 'William's'.

Fuente: Pérez *et al.* (2005)

3.5 Características físicas y rendimiento del cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish 'William's'.

🌱 **Peso, ancho y longitud de los cambures:** se determinó el peso, el ancho, la longitud interna y externa de los cambures, haciendo uso de una balanza y una cinta métrica, respectivamente.

🌱 **Rendimiento (R) de los racimos de cambures:** tanto para el caso de las harinas como del almidón obtenido, se tomo en cuenta la cantidad de pulpa de cambur procesada y se hizo el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento } (\%) = \frac{\text{Peso de la harina o almidón}(g) * 100}{\text{Peso porción comestible } (g)} \quad (1)$$

3.6 Caracterización de las harinas y almidón nativo del cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

En la Tabla N° 3, se muestran los métodos, principio y objetivo de los análisis fisicoquímicos realizados a las harinas y almidón nativo del cambur.

Tabla N° 3. Determinación de análisis fisicoquímicos de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (sigue).

Método	Principio	Objetivo
Humedad AOAC (1990) N° 925.09	Se basa en la pérdida de peso que sufre una muestra cuando es sometida en estufa, se pesan la muestra en cápsula de Petri y se lleva a estufa con circulación de aire a 100 °C, durante 4 horas hasta peso constante.	Determinar el contenido de humedad, es un índice de la calidad y estabilidad ante factores que pueden ocasionar el deterioro del alimento.
Cenizas AOAC (1990) N° 923.03	Se basa en la pérdida de peso que ocurre durante la incineración de muestras a una temperatura suficientemente alta (500-550°C) durante un tiempo determinado, que permita eliminar toda la materia orgánica, sin que ocurra descomposición apreciable de los constituyentes de las cenizas o pérdidas por volatilización, hasta obtener un residuo blanco o grisáceo libre de partículas de carbón.	Indica el contenido total de minerales, microelementos que cumplen funciones metabólicas importantes en el organismo. Detecta posibles contaminaciones metálicas en los alimentos. En azúcar, almidón y gelatina es cuestionable por lo que su presencia en estos productos es también indicativa de posibles adulteraciones.
Proteína cruda AOAC (1990) N° 979.09	Se fundamenta en la determinación de nitrógeno total (Nt) el cual se multiplica por el factor 6,25.	Permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando.
Grasa cruda AOAC (1990) N° 920.39	Se basa en la solubilidad de las grasas en el solvente orgánico utilizado. La muestra se pesa y coloca en un cono de celulosa, la grasa se colecta en un beaker, la extracción dura una hora, se deja enfriar en un desecador y se pesa.	Determinar el contenido de grasa presente en el producto, determinan el alto grado de pureza de las muestras, y además garantizan que no existan cambios significativos en el sabor, olor y color de estos.

Tabla N°3. Determinación de análisis fisicoquímicos de las harinas y almidón de cambur verde
Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (Continuación).

Método	Principio	Objetivo
Almidón Mc Cready <i>et al.</i> (1950)	Se basa en la extracción de azúcares libres con etanol acuoso y la extracción del almidón con ácido perclórico y el desarrollo de un color azulado en presencia del complejo I-IK (formación de un complejo insoluble con yodo).	Determinar contenido de almidón total, valor energético, e inferir sobre su uso como fuente alternativa de almidón comercial.
Amilosa Juliano (1971).	Se basa en la formación del complejo amilosa-yodo, color azul característico.	Permite predecir el comportamiento reológico de las suspensiones, determinar las condiciones de procesamiento más idóneas y evaluar la calidad de diferentes productos. La proporción de amilosa en el almidón tiene efectos importantes en las propiedades físicas del almidón.
Amilopectina	Se calcula por diferencia del valor de del contenido de amilosa y 100.	La relación amilosa/amilopectina permite saber si se forman geles espesos, el grado de retrogradación y cristalización al enfriarse.
Fibra dietética (sólo para las harinas) Prosky <i>et al.</i> , (1984)	Se fundamenta en aislar la fracción del interés con la precipitación selectiva y después determinar su peso, se desgrasa se digiere enzimáticamente con α -amilasa, amilogucosidasa y proteasa para hidrolizar al almidón y la proteína. El contenido total de la fibra de la muestra se determina agregando etanol para precipitar toda la fibra, se filtra, se seca y se pesa, el residuo se reporta como fibra. Los valores se corrigen con cenizas y proteínas.	Determinar el contenido de los polisacáridos como hemicelulosa, celulosa, lignina, mucílagos, gomas, almidón resistente, entre otros e inferir sobre el aporte beneficioso a la salud.

Tabla N°3. Determinación de análisis fisicoquímicos de las harinas y almidón de cambur verde
Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (Continuación)

Método	Principio	Objetivo
Azúcares reductores (sólo para harinas) Nelson-Somogyi (1944).	Se calienta la muestra en una solución alcalina de tartrato de cobre produciéndose así óxido cuproso, que reacciona con arsenomolibdato; el color azul intenso originado se mide en un Espectrofotómetro. En la mezcla de reacción se incluye sulfato de sodio para minimizar la entrada de oxígeno atmosférico a la solución lo cual podría causar reoxidación del óxido cuproso.	Determinar el contenido de azúcares reductores.
Azucars Totales Dubois <i>et al</i> (1956)	A la solución de la muestra se le agrega fenol al 5% con agitación, luego se le suministra ácido sulfúrico concentrado, de allí se deja reposar 30 minutos y por último se lee la coloración amarilla en el spectronic 20.	Determinar el contenido de azucars no reductores, para junto con el contenido de azucars reductores obtener los azucars totales.
Polifenoles totales (sólo harinas) Kaluza <i>et al.</i> , (1980)	Se mide el contenido de compuestos fenólicos totales, se basa en una reacción redox La oxidación de los fenoles presentes en la muestra causa la aparición de una coloración azul que presenta un máximo de absorción a 765 nm y que se cuantifica por espectrofotometría en base a una curva patrón. Se determinan por el método de Folin-Ciocalteu.	La presencia de estos compuestos químicos determina que la harina cuenta con propiedades antioxidantes.
Color Hunter Lab. Manual (2001)	Se determina con un colorímetro los valores de Luminosidad, posición de la muestra en el eje rojo-verde y en el eje azul-amarillo; para obtener el índice de blancura (WI) y diferencia de color (ΔE).	Es fundamental ya que es un evento psicofísico de gran relevancia en la calidad de los productos alimenticios, que determina la aceptabilidad de los mismos por el consumidor.

Tabla N°3. Determinación de análisis fisicoquímicos de las harinas y almidón de cambur verde
Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (continuación).

Densidad aparente Smith (1967)	Se basa en la determinación de masas diferentes, de volúmenes iguales de la muestra problema y del líquido de referencia.	Característica que resulta importante al momento de realizar una dosificación constante durante su envasado.
Viscosidad aparente Bello <i>et al.</i> (2002)	La viscosidad aparente está estrechamente relacionada con la capacidad de hinchamiento, se mide a 25 °C en un viscosímetro Brookfield a tres velocidades de deformación. Se observa la estabilidad de la pasta a una velocidad de 30 rpm en diferentes minutos.	Para determinar el comportamiento reológico de las suspensiones y así evaluar la influencia que tienen diferentes condiciones de proceso en las características de los materiales producidos.
pH AOAC (2000) N° 943.02	pH: es la inversa del logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno. El método para su determinación es el potenciométrico, se mide la diferencia de potencial de una solución entre un electrodo de referencia y un electrodo indicador.	Este método permite determinar la acidez o alcalinidad de un producto y clasificarlo según su acidez.
Acidez titulable AOAC (2000) N° 975.11	El contenido total de ácidos de un alimento se determina a través de la acidez total titulable mediante el proceso de neutralización valoración con NaOH y se indica en términos del ácido que predomine en el alimento, en presencia de un indicador.	La concentración de ácidos, permite determinar si un producto ha sufrido o no algún deterioro, ya sea de tipo físico, químico o microbiológico.

3.7 Propiedades funcionales de las harinas y almidón de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

En la tabla N°4, se muestran los métodos, principio y objetivo de los análisis a realizar para determinar las propiedades funcionales de las harinas y almidón de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Tabla N° 4. Determinación de propiedades funcionales de las harinas y almidón de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (sigue).

Método	Principio	Objetivo
Poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad en agua. Schoch, (1964) y Anderson, (1982)	Consiste en someter a calentamiento gradual de los gránulos de almidón de esta manera los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen y los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua.	Determinar el hinchamiento de los gránulos de almidón y el incremento de su volumen, cuando se calienta en exceso de agua, indicando el grado de asociación existente entre los polímeros del almidón.
Solubilidad en agua fría Eastman y Moore (1984), modificado por Bello <i>et al.</i> (2002a)	Consiste en preparar una suspensión licuando la muestra en una cantidad de agua destilada y llevar a centrifugación para luego pesar y secar, y por diferencia de peso calcular la solubilidad en agua fría.	Determinar la capacidad de ser agentes espesantes ideales para la preparación de productos instantáneos, tales como pudines, rellenos para tortas y bebidas, entre otros.
Estabilidad y claridad de las pastas Bello <i>et al.</i> , (2002a)	Se basa en la medición de la claridad de las pastas la cual está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y la tendencia a retrogradar del almidón. Se coloca una suspensión en un baño a ebullición con agitación cada 5 min por 30min. Se enfria a 25°C, medir %T. Almacenar a 25 y 4°C para medir %T a las 24, 48 y 72horas.	Determinar el comportamiento de las muestras a temperatura ambiente y refrigerada, es decir estabilidad a la retrogradación.
Consistencia	La consistencia del gel está relacionada con la fluidez, se	Determinar la fluidez del producto.

del gel AACC (2000)	determina con un consistómetro de Bostwick.	
------------------------	--	--

Tabla N°4. Determinación de propiedades funcionales de las harinas y almidón de cambur verde

Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ (continuación).

Método	Principio	Objetivo
Estabilidad al congelamiento-deshielo Bello <i>et al.</i> , (2002a)	Se evalúa la retrogradación de la fracción amilopectina, una mayor retrogradación de esta produce pierdan en mayor grado su capacidad de retención de agua, el agua separada se mide, para ello la muestra a 5% (p/v) se somete a un ciclo de congelamiento y posterior deshielo. Luego las muestras se centrifugan a 3000 rpm por 10 minutos y se mide el porcentaje de agua separada.	Evaluar la resistencia de las suspensiones a ciclos de congelamiento y deshielo, verificando si mantienen su composición química y su estructura física estables a bajas temperaturas y a través del tiempo. Capacidad de usar en alimentos refrigerados.
Capacidad de retención de agua Bryant y Hamaker (1997)	Consiste en agregar agua a temperatura ambiente a las muestras, luego se calienta a 70, 80 y 90°C por 30min, con agitación cada 5 min. Las suspensiones se centrifugan, se decanta el sobrenadante y se mide el volumen.	Medir la capacidad de retención de agua predice de alguna manera la funcionalidad de la muestra.
Capacidad de gelificación AACC (2000)	Se basa en la utilización de equipos bajo condiciones reguladas de concentración, temperatura y pH. Para esto, se sella en ambos extremos con tapones de goma tubos de vidrio de 5 cm de largo y 8 mm de diámetro. Se introduce un volumen de suspensión de 0,5 mL, aproximadamente. Se utilizan suspensiones de cada fracción proteínica al 10; 7,5 y 5% p/v.	Estudiar la fortaleza o firmeza de los geles, aspecto importante de evaluar para determinar su uso en la formulación de alimentos y otras aplicaciones industriales.
Curvas amilográficas AACC (2000)	Los gránulos de almidón incrementan su capacidad de absorción de agua y exudan fracciones de amilosa con el incremento de la temperatura. Se obtiene la temperatura de gelatinización, viscosidad inicial, máxima, al final del periodo de calentamiento y enfriamiento	Proporciona información sobre la actividad enzimática. el comportamiento viscoso del almidón con el incremento de la temperatura.

	empleando un Viscoamilográfico Brabender.	
--	---	--

3.8 Propiedades nutricionales.

En el tabla N°5, se muestran los métodos, principio y objetivo de los análisis realizados para determinar las propiedades nutricionales de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Tabla N° 5. Determinación de propiedades nutricionales de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’

Método	Principio	Objetivo
Tasa de digestión “in vitro” del almidón. Holm <i>et al.</i> , (1985).	Se realiza hidrólisis controlada con la enzima α -amilasa pancreática. La hidrólisis posterior del almidón digestible se monitorea mediante la toma de alícuotas a distintos tiempos de incubación, por ello se toman muestra a los 15, 30,60 y 120 min., leer con el kit de glucosa y colocar en el baño de agua a 37°C y por ultimo leer la transmitancia.	Permite determinar la tasa de digestión del almidón tal como se ingiere.
Almidón resistente Goñi <i>et al.</i> (1996).	Se somete la muestra a hidrólisis enzimática con α -amilasa pancreática, para determinar la fracción digestible, luego se centrifuga y el residuo que permanece es la fracción indigestible, la cual es dispersada en medio alcalino e hidrolizada en su totalidad con amiloglucosidasa, determinándose la glucosa liberada mediante el porcentaje de transmitancia.	Determinar la fracción que no es hidrolizada en el intestino delgado, que pasa directamente al intestino grueso; en donde fermenta la microflora colónica con la producción de ácidos grasos de cadenas cortas, que luego son asimilados.
Digestibilidad “in vitro” de la proteína (sólo harinas) Hsu <i>et al.</i> , (1977).	Es determinada mediante el uso de la velocidad de cambio de pH (Δ pH/min), en lugar de considerar únicamente el cambio de pH obtenido después de los 10 minutos de incubación.	Para predecir la digestibilidad de las proteínas presentes en el alimento.

3.9 Formulación y evaluación de productos a partir de harina y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Se elaboró un producto con la harina y otro con el almidón nativo obtenido a partir de de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

3.9.1 Evaluación del pudin de chocolate

Los siguientes análisis fisicoquímicos, se realizaron con el objetivo de estudiar el comportamiento del gel durante diez días de almacenamiento.

- 🌱 pH: se determinó mediante la metodología N° 943.02 de la AOAC (2000).
- 🌱 Acidez titulable: según el método N° 975.11 de la AOAC (2000).
- 🌱 Viscosidad: se utilizó el método de la AACC (2000).

3.9.2 Evaluación de torta de chocolate

Con la finalidad de determinar el comportamiento de la torta en un tiempo de 15 días, se realizaron los análisis que se mencionan a continuación:

🌱 Textura: se empleó un texturómetro, usando una cuchilla con filo 0,1mm de espesor y una velocidad de penetración de 5cm/min. La textura está relacionada con la adición de fibra, especialmente, gomas y pectinas las cuales controlan los efectos texturales.

- 🌱 Humedad: se determinó por el método N° 925.09 de la AOAC (1990).
- 🌱 pH y acidez titulable: se utilizó el método N° 975.11 de la AOAC (2000).

Los análisis se realizaron por duplicado para cada muestra.

3.10 Análisis sensorial

Para determinar la calidad sensorial de los productos, se realizó una evaluación con un panel no entrenado de 45 personas de ambos sexos. Se midió el

grado de preferencia utilizando una escala hedónica del 1 al 6, donde 1 es no me gusta y 5 me gusta mucho. Los atributos sensoriales evaluados fueron el color, olor, sabor, consistencia y apariencia global. Cada panelista recibió una muestra codificada del producto junto con la hoja de respuestas para cada producto (Figuras 6 y 7)

3.11 Análisis estadístico

A los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos de las harinas y almidón nativo, se les aplicó un análisis de varianza, con la finalidad de determinar el efecto de los factores y sus interacciones a un nivel de confianza del 95% y las medias que presentes diferencias significativas se sometieron a la prueba de medias de Tukey. Los datos se procesaron empleando un programa llamado “Statistics” para Windows, versión 8.0.

CAPITULO IV **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos de la investigación.

4.1 Curvas de secado de las diferentes harinas obtenidas a partir del cambur verde variedad *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

En las Figuras 6,7,8 y 9, se muestran las curvas de secado resultante de los tratamientos térmicos aplicados a 45, 65, 75, 85°C, donde partiendo de valores iniciales de humedad en base seca similares entre sí, se puede apreciar una disminución de la misma (Kg agua/Kg Sólidos Solubles) con respecto al tiempo.

En cuanto al efecto de la temperatura sobre las muestras, se observa (Figuras 8, 9, 10 y 11) que a mayor temperatura de secado menor tiempo de exposición; las curvas de secado desarrolladas a 75 y 85°C presentan un tiempo de exposición similar entre sí (180 minutos), mientras que la muestra deshidratada a 65°C indica la necesidad de emplear un tiempo de secado de aproximadamente de 240 minutos, siendo la curva elaborada a una temperatura de 45°C la que requiere un tiempo mayor para alcanzar el equilibrio (380minutos).

Las muestras deshidratadas a 75 y 85°C, mostraron que a un tiempo de secado de 180minutos el contenido de agua era mínimo, lo cual significa que para la muestra secada a 85°C se está gastando energía innecesariamente.

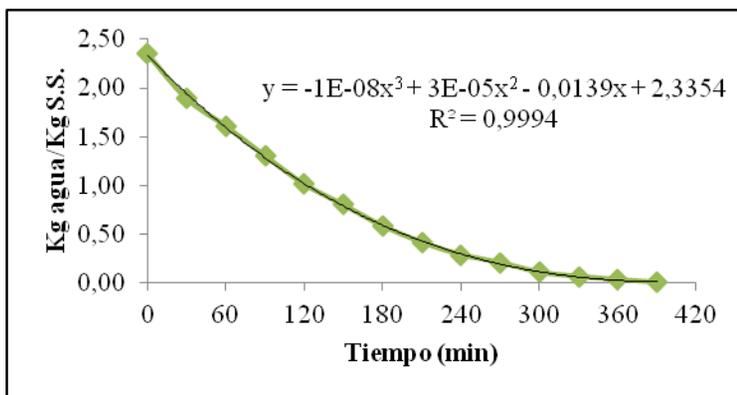


Figura 6. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s a la temperatura de 45°C x 380 min.

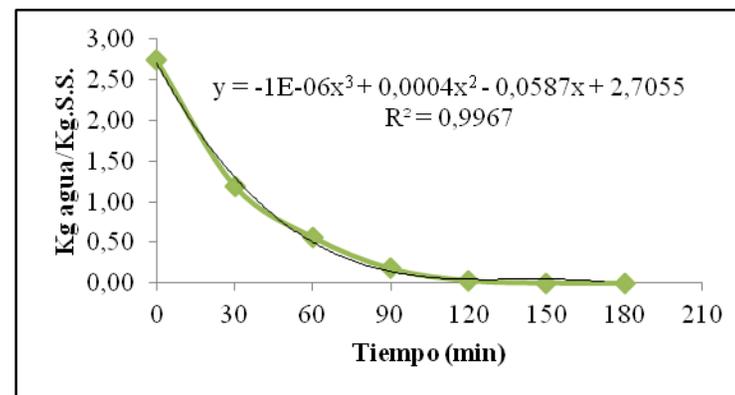


Figura 8. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s a la temperatura de 75°C x 180 min.

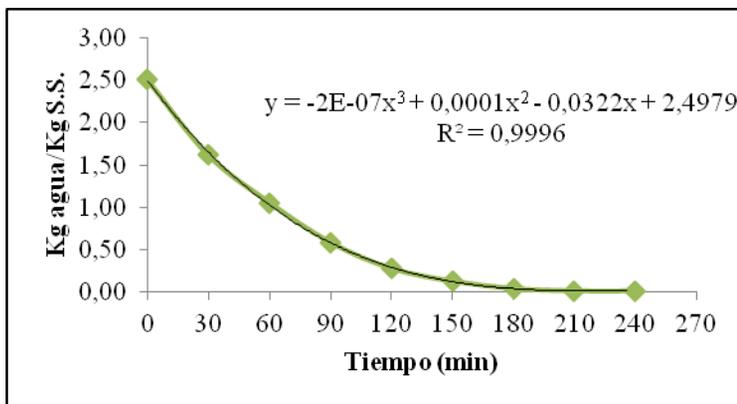


Figura 7. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s a la temperatura de 65°C x 240 min.

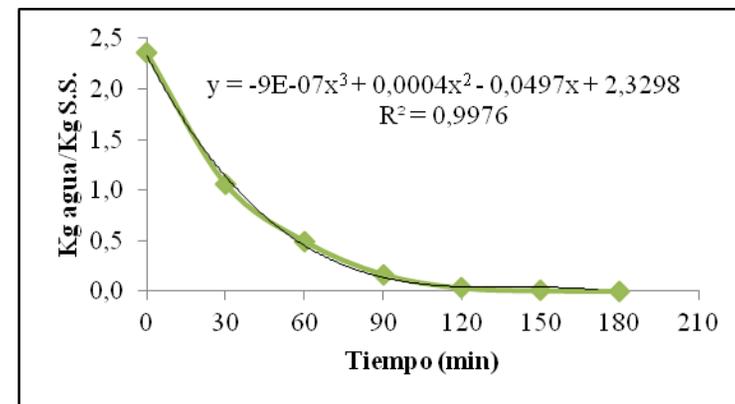


Figura 9. Curva de secado obtenida al someter la muestra de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s a la temperatura de 85 °C x 180 min.

4.2 Características físicas y rendimiento del cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

4.2.1 Características físicas del cambur *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

En la Tabla N° 6, se muestran las características físicas de los frutos de cambur, donde se observa que los racimos poseían un promedio de 11 manos con 17 dedos o cambures cada una, los cuales tenían aproximadamente 17cm de largo y eran de 13,2cm de grueso; encontrándose el racimo con un peso promedio de 36 Kg.

Tabla N° 6. Características físicas del cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

Manos	11
Dedos por mano	17
Longitud externa(cm)	17,5
Grosor (cm)	13,2
Longitud interna (cm)	16,4

4.2.2 Rendimiento en los procesos de obtención de harina y almidón nativo a partir de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

En la Tabla N° 7, se muestran los valores de rendimiento de la pulpa de cambur determinado en el proceso de obtención de harinas y aislamiento del almidón nativo, observándose que el rendimiento de las harinas se encuentra en un promedio del 26,61%, resultados que son similares a los obtenidos por Madriga-Ambriz *et al.* (2008) en harina de plátano macho (27,77%) y de cambur FHIA-17 (21,46%), superiores a lo reportado por Pérez (1997) en harina de *M. paradisiaca normalis* (12%), pero inferiores a lo obtenido por Alemán (2009) para la harina de topocho (34,52%).

En cuanto al porcentaje de almidón (9,07%) obtenido, este resultado es similar al reportado por Bello-Pérez *et al.* (2002a) para plátano criollo con 11,8%, inferior a lo reportado por De la Torre-Gutiérrez (2008) en la extracción de

almidón de plátano cuadrado (*Musa balbisiana*) con valores entre 52,4 y 69,6 %, pero superior al determinado por Bertsh (2011) para el almidón de cambur FHIA-18 (6,30%) e Ibota (5,15%).

Tabla N° 7. Rendimientos obtenidos en los procesos de obtención de harina y aislamiento del almidón nativo a partir de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Muestras	Rendimiento (%)
Harina 45°C x 380 min	28,66±0,10
Harina 65°C x 240 min	25,45±0,10
Harina 75°C x 180 min	24,79±0,10
Harina 85°C x 180 min	27,52±0,10
Almidón	9,07±0,10

4.3 Efecto de las diferentes temperaturas y tiempo de secado sobre las propiedades físicas de las harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

En la Tabla N° 8, se muestran los resultados obtenidos para las características físicas evaluadas en la harina y almidón de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’, específicamente para los parámetros pH, acidez titulable y densidad aparente.

Tabla N° 8. Caracterización física de la harina y almidón obtenidos a partir de cambur *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Muestras	pH	Acidez Titulable (meq.NaOH/100g)	Densidad Aparente ($g * ml^{-1}$)
Harina 45°C x 380 min	5,65±0,01	0,78±0,10	0,39±0,01
Harina 65°C x 240 min	5,60±0,01	0,98±0,10	0,40±0,01
Harina 75°C x 180 min	5,60±0,01	0,98±0,10	0,50±0,01
Harina 85°C x 180 min	5,60±0,01	0,98 ±0,10	0,49±0,01
Almidón	5,55±0,01	0,20±0,10	0,50±0,01

4.3.1 pH y acidez titulable

En los almidones y harinas, el pH y la acidez, son indicadores del uso de aditivos, fermentación o aplicación de algún tipo de modificación. Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y en la estabilidad de los mismos; además la determinación de estos, constituye un índice de calidad importante, que permite determinar si un producto ha sufrido o no algún deterioro físico, químico o microbiológico (Belitz y Grosch, 1985; Rached *et al.*, 2006).

Al observar los valores de pH de las harinas (Tabla N° 8), se puede notar que éstos se encuentran dentro del rango aceptado para harinas comerciales, ya según Covenin, (1985) y Salazar y Marcano, (2005) deben ser superiores a 5,6. Por otro lado, en la (Tabla N° 8) existe diferencia en los resultados de acidez titulable entre la harina obtenida a 45°C x 380 min y las secadas a 65°C x 240 min, a 75 y 85°C x 180 min; lo cual puede atribuirse a que durante el calentamiento se provocó la ruptura de ciertas estructuras celulares, liberando ácidos orgánicos incrementándose este parámetro.

La acidez titulable de las harinas presentan valores de 0,78 y 0,98meq.NaOH/100g, que al compararlos con los resultados de otros investigadores se encuentran por debajo de lo determinado por Bertsh (2011) para harinas de cambur FHIA-18 e Ibota con valores de 2,24 y 2,73 meq.NaOH/100g, pero similares a lo reportado por Coronel (2011) para la harina de yuca y de batata con 0,99 y 0,94meq.NaOH/100g respectivamente.

En cuanto al pH (5,55) obtenido para el almidón nativo, este es inferior a lo determinado por Cabrera *et al.* (2007) para el almidón de plátano FHIA-20 (6,37), pero similar a lo reportado por Bertsh y Techeira (2011) para el almidón nativo de cambur FHIA-18 (5,8) e Ibota (5,8), además el mismo autor muestra valores de acidez titulable para ambas muestra de 1,01meq.NaOH/100g el cual se encuentra por encima a lo obtenido para el almidón nativo en estudio (0,20meq.NaOH/100g).

4.3.2 Densidad aparente

En lo que se refiere a la densidad aparente (tabla N° 8) se puede observar que la densidad de las harinas secadas a 45 y 65°C (0,39 y 0,40 $g * ml^{-1}$ respectivamente) son similares entre sí, lo mismo ocurre entre las harinas secadas a 75° y 85°C (0,50 y 0,49 $g * ml^{-1}$ respectivamente). Estas diferencias son posiblemente debido a que con el aumento de la temperatura las harinas secadas a 75°C y 85°C x 180 min, presentaron una granulometría más fina que las harinas secadas a 45°C x 380 min y 65°C x 240 min.

Los resultados obtenidos son inferiores a los determinados por Zakpaa *et al.*, (2010) para harina de plátano (*Musa sapientum* L.) (0,76 $g * ml^{-1}$) pero similares a los reportados por Bressani *et al.*, (2001), para harinas industriales de maíz con valores entre 0,41 y 0,55 $g * ml^{-1}$. La FAO, (1993), indica que la densidad aparente para harinas se encuentra entre 0,50 y 0,80 $g * ml^{-1}$.

En cuanto a la densidad del almidón (0,5 $g * ml^{-1}$), es similar a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2005) para almidón nativo de ñame (0,59 $g * ml^{-1}$) aunque es menor a lo encontrado por Pérez y Pacheco (2005) para almidón nativo de batata (1,54 $g * ml^{-1}$).

4.3.3 Color

El color fue determinado haciendo uso de la colorimetría triestímulo, representado por los valores de “L”, que indica la mayor o menor reflectancia de la luz y su valores van de cero (negro) a 100 (blanco), y por las coordenadas de cromaticidad “a” y “b”; donde “a” indica la posición de la muestra en el eje rojo (valores negativos) a verde (valores positivos), mientras que la coordenada “b” se mueve en una escala azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos) y para ambos casos el cero se ve representado por el color gris (Giese, 1995; Pérez y Pacheco, 2005).

En la Tabla N° 9, se presentan los resultados obtenidos para el color de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish

‘William’s, donde se puede apreciar que para las harinas los valores de luminosidad van disminuyendo con el incremento de la temperatura de secado, siendo las harinas secadas a 45°C x 380 min y 65°C x 240 min las que presentaron mayor claridad y luminosidad, lo que significa que tienen un mayor índice de blancura (WI)(67,87 y 66,30) y una diferencia de color respecto a la placa estándar blanca(ΔE) más baja (26,20 y 27,74) que el resto de las harinas.

En cuanto a la coordenada de cromaticidad “a” de las harinas se puede notar en la Tabla N° 9 que todos los valores son negativos, lo cual es indicativo de que estas presentan tonalidades con tendencia a las coloraciones verdes; mientras que la coordenada “b”, presentó valores positivos, o lo que es lo mismo, tonalidades con tendencias a coloraciones amarillas. Es de mencionar que el grado de oscurecimiento que indican estos valores se puede atribuir a la Reacción de Maillard que pudo ocurrir durante el proceso de obtención de la harina (Pacheco *et al.*, 2004; García *et al.*, 2007).

Por último, los resultados obtenidos de ΔE que van de 26,20 a 31,41 son similares a los reportados por Bertsh (2011) para harina de híbridos de cambur FHIA-18 e Ibota (27,87 y 27,80 respectivamente), superiores a los reportados por Alemán (2009) en harina de topocho (*Musa* ABB) (13,89) y Pacheco *et al.* (2008), para harina de plátano verde (12,84).

En cuanto al color del almidón, se puede apreciar en la tabla N° 9, que este presenta una alta luminosidad y claridad (83,57), incluso mayor a la de las harinas, lo que indica que tiene un mayor índice de blancura (WI) (81,62) y una diferencia de color respecto a la placa estándar blanca (ΔE) más baja (12,92). En lo que se refiere a las coordenadas “a” y “b”, se observa que ambas son positivas lo que refleja que de acuerdo a la coordenada “a” este presenta tendencia a coloraciones rojas, mientras que la coordenada “b” presenta tendencia a tonalidades amarillas. Esto puede atribuirse al pardeamiento enzimático ocurrido durante el proceso de secado.

Tabla N° 9. Características físico-químicas de las harinas y almidón nativo obtenido a partir de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

	Harina 45°C x 380 min	Harina 65°C x 240 min	Harina 75°C x 180 min	Harina 85°C x 180 min	Almidón nativo
L*	71,35±0,82	69,87±1,70	66,54±1,32	65,90±1,48	83,57± 0,43
a*	-2,76±0,31	-2,56±0,14	-2,48±0,76	-2,17±0,56	1,33± 0,05
b*	14,28±1,23	14,88±2,10	15,13±1,34	15,27±2,16	9,45± 0,02
ΔE	26,20	27,74	30,81	31,41	12,92
WI	67,87	66,30	63,19	62,57	81,62

L*: Valores promedio de luminosidad, a* valores promedio de matiz (+rojo,-verde), b*: valores promedio de la tonalidad (+amarillo, -azul)

Calibrado con la placa estándar, con valores de L = 94,32, a = 1,22 y b = 2,29.

4.4 Composición química de la harina y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

La Tabla N° 10, resume los resultados cuantitativos de la composición química de las harinas y almidón nativo en estudio. Para el caso del almidones, la composición química es indicativa del grado de pureza de este, y su consideración es importante al momento de evaluar las propiedades funcionales, ya que estas pueden verse afectadas por ciertas impurezas presentes (Pacheco y Techeira, 2009).

4.4.1 Humedad.

Primeramente, en cuanto al contenido de humedad de las harinas (Tabla N° 10), se puede observar que a medida que se incrementa la temperatura de secado de estas, disminuye el contenido de humedad, ya que temperaturas elevadas permiten eliminar mayor cantidad de agua libre del alimento.

No obstante, existieron diferencias estadísticamente significativas entre las harinas secadas a 45 x 380 min y 65°C x 240 min (7,35 y 6,69% respectivamente) con respecto a las harinas secadas a 75 y 85°C x 180 min (3,15 y 2,15% respectivamente). Estos últimos resultados, son similares a lo reportado por González y Pacheco (2006) para harina de cambur verde (5,18%) y Soto (2010)

para harina de plátano (*Musa paradisiaca*) y cambur verde (*Musa Cavendish*) (9,45 y 5,72%, respectivamente).

Pacheco *et al.* (2008), en su estudio de la caracterización de harina de plátano usando cuatro métodos de deshidratación obtuvo diferentes contenidos de humedad de acuerdo al método utilizado: deshidratación por liofilización (2,36%), por doble tambor (5,46%), por microondas (6,73%) y por secador de bandejas (11,75%)

La humedad del almidón nativo en estudio (9,82%), es superior al presentado por Bello-Pérez *et al.*, (2006) para almidón de plátano (4,9%) y de mango (7,7%) y similar al reportado por Bello-Pérez (2001) para almidón de banana (10,79%).

Cabe destacar, que el contenido de humedad tanto de las harinas como del almidón nativo presentaron valores dentro de lo establecido por la norma COVENIN 217 (2001) y Potter (1973) para productos deshidratados, que establece un máximo de 15%, este rango proporciona un nivel reducido de actividad de agua y en consecuencia un mayor tiempo de vida útil (Njintang y Mbofung, 2003).

4.4.2 Cenizas.

En lo que se refiere al contenido de cenizas (Tabla N°10), se observa que la harina secada a 65°C x 240 min es la que presenta mayor porcentaje de cenizas (3,29%) lo que indica que posee un mayor contenido de minerales debido posiblemente a las condiciones del cultivo, seguida de la harina secada a 75°C x 180 min (3,10%), luego la sometida a 85°C x 180 min (2,99%) y por último la de 45°C x 380 min (2,88%), el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las harinas estudiadas, por lo que se realizó una prueba de medias de Tukey que permitió conocer que la harina secada a 65°C x 240 min pertenece al grupo (a), la secada a 45°C x 380 min al grupo (c) y las harinas secadas a 75°C y 85°C x 180 min pertenecen al grupo (b), pero también son estadísticamente iguales a las harina secadas a 65°C x 240 min y 45°C x 380 min, respectivamente.

Los resultados obtenidos para las harinas, son superiores a los presentados por Alemán (2009) para harina de Topocho (*Musa ABB*) con 1,93% y Madrigal-Ambriz *et al.* (2008) en harina de cambur FHIA-20 (2,09%) y plátano macho (1,32%), pero similares a los del mismo autor para cambur FHIA-17 (2,62%) y FHIA-23 (3,28%).

Cabe destacar, que a mayor contenido de cenizas la proporción de minerales y sales inorgánicas es superior, además las diferencias existentes, al compararla con otras harinas, pudiera atribuirse a la fuente botánica, las condiciones de cultivo y el procedimiento de obtención de la misma (Peterson *et al.*, 1986; Vilorio y Alcorcés, 2007).

En cuanto al contenido de cenizas (0,13%) del almidón en estudio, se puede notar que es menor al valor señalado por Bello-Pérez *et al.* (2006) en el aislamiento del almidón de frutos verdes de plátano con 0,4%, mayor a lo determinado por Aht-Ong y Charoenkongthum (2002) en almidones de cambur verde (0,044%), pero similares a lo reportado por Alvis *et al.* (2008) para el almidón de yuca con valores entre 0,11 y 0,16 %. Además, el resultado obtenido es menor al límite (0,5%) establecido por la UPS, (1990) citado en la revista Información Tecnología, (1995).

4.4.3 Proteína cruda

En lo que respecta a la proteína cruda, en la Tabla N° 10 se puede apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las harinas en estudio, reportando valores comprendidos entre 4,03 y 6,01%, siendo estos similares a los determinados por Alemán (2009) en harina de topocho verde (*Musa ABB*) (4,66%) y Techeira (2009), para harina de ñame (*Dioscorea alata*) (6,20%), pero inferiores a lo reportado por Pacheco *et al.* (2005) en harina de trigo (16,24%).

En cuanto al contenido de proteínas para el almidón analizado (2,53%), se puede decir que este resultado es similar a lo obtenido por Zamudio-Flores *et al.*, (2006) para almidón nativo de plátano (2,06%), superior al determinado por

Bello-Pérez (2001) para almidón de banana (1,03%) y Bertsh (2011) para almidón de cambur FHIA-18 e Ibota (0,22 y 0,25%). Estas diferencias pudieran atribuirse a la fuente botánica, a las deficiencias durante la etapa de extracción, y específicamente durante las fases de lavado y centrifugado (Peterson *et al.*, 1986; Nkala *et al.*, 1994; Pérez y Pacheco, 2005).

4.4.4 Grasa cruda

Los resultados obtenidos para el contenido de grasa de las muestras de harina que se muestran en la Tabla N° 10 son diferentes estadísticamente y se clasifican en tres grupos: el grupo (a) comprendido por la harina secada a 85°C x 180 min (0,56%), el grupo (b) correspondiente a la harinas secadas a 65x 240 min y 75°C x 180 min (0,37 y 0,38% respectivamente), las cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas, y el grupo (c) representado por la harina secada a 45°C x 380 min (0,34%); observándose que al incrementar la temperatura de secado la proporción de grasa aumenta.

No obstante, cabe destacar que los resultados son similares a los determinados por Daramola y Osanyinlusi (2005) para harina las variedades de cambur Gross michel (0,4%) y Red skin (0,5%) y Soto, (2010) para la harina de banana verde (0,57%), inferior a lo presentado por Praderes *et al.* (2010) para harina de auyama (0,92%) y Penna *et al.* (2003) para harina de trigo los cuales oscilan entre 1,2 y 2%, pero superior a lo encontrado por González y Pacheco (2006) para harina de cambur verde (0,20%).

El almidón nativo analizado contiene 0,03% de grasa, resultado similar al almidón nativo de ñame estudiado por Techeira y Pacheco (2009) (0,05%) y al almidón de plátano (*M. Paradisiaca*) (0,06%) estudiado por Bello-Pérez *et al.* (2000), pero inferior a lo reportado por Millán (2004) para almidón de plátano con 0,29%.

Además, se observa que el contenido de grasa tanto para las harinas como para el almidón nativo en estudio es bastante bajo lo cual garantiza que no existan

cambios significativos en el sabor, olor y color de los mismos (Jayakody *et al.*, 2007; Thomas y Atwell, 1999; Lawal, 2004).

4.4.5 Almidón

Se observa en la Tabla N° 10, que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las muestras de harina en estudio para el contenido de almidón presente, que se encuentra entre 64,25 y 70,93% por lo que pueden ser consideradas un alimento con alto valor energético.

Estos resultados fueron similares a los presentados por Pacheco *et al.*, (2008), para harina de plátano (*Musa paradisiaca L.*) y Alemán (2009) para harina de topocho; superiores a lo publicado Bertsh (2011) en la harina de cambur FHIA-18 e Ibota (55,88 y 59,75, respectivamente), además Carranza y Sánchez (2002) muestran en su estudio para la harina de plátano un resultado de 89% de almidón.

El contenido de almidón de harinas de otros rubros como son el trigo, el arroz y el maíz, se encuentra entre 30 y 80%, por lo que se puede afirmar que la harina de cambur verde *Musa AAA* Subgrupo Cavendish en estudio puede competir con estas en cuanto al contenido de almidón (García *et al.*, 1999; Zhou *et al.*, 2002).

En cuanto a los valores obtenidos para el contenido de almidón del almidón nativo en estudio (80,90%), se puede apreciar que es similar a lo expresado por Hernández *et al.* (2008) para almidón de banana con 86,8%. Sin embargo, al compararlo con los resultados obtenidos por otros investigadores este es inferior a lo determinado por Bello-Pérez (2006) para almidón de plátano (92,5%) y de mango (90,8%), Pérez (1997) en almidón de plátano y de maíz con resultados de 99,60 y 98,54% respectivamente; estas diferencias se pueden atribuir al método de extracción utilizado.

Tabla N° 10. Composición química en base seca de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish William's.

Composición química					
Parámetros (%)	Muestras				
	Harina 45°C x 380 min	Harina 65°C x 240 min	Harina 75°C x 180 min	Harina 85°C x 180 min	Almidón
Humedad	7,35±0,10a	6,69 ±0,10a	3,15±0,10b	2,15±0, 10b	9,82±0,10
Cenizas*	2,88±0,10c	3,29±0,10a	3,10±0,10ab	2,99±0,10bc	0,13±0,10
Proteína cruda*	6,01±0,10a	4,03±0,10a	5,49±0,10a	5,9394±0,10a	2,53±0,10
Grasa cruda*	0,34±0,10c	0,37±0,10b	0,38±0,10b	0,56±0,10a	0,03±0,10
Almidón*	65,76±1,00a	70,93±1,00a	64,25±1,00a	64,94±1,00a	80,90±1,00
Amilosa*	24,70±1,00a	26,05±1,00a	25,71±1,00a	26,70±1,00a	29,65±1,00
Amilopectina*	75,30±1,00a	73,95±1,00a	74,29±1,00a	73,30±1,00a	70,35±1,00
Fibra dietética*	5,51±0,10b	6,26±0,10a	5,23±0,10b	4,79±0,10b	-
Azúcares reductores*	0,020±0,001c	0,030±0,001bc	0,060±0,001b	0,280±0,001a	-
Azúcares totales*	0,090±0,001c	0,160±0,001bc	0,200±0,001b	0,580±0,001a	-
Taninos*	0,36±0,01b	0,64±0,01a	0,52±0,01ab	0,77±0,01a	-

Letras iguales en una misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($\alpha \leq 0,05$).

*Base seca

4.4.6 Amilosa y amilopectina

Los valores correspondientes a la cantidad de amilosa presente en las harinas en estudio, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre muestras, ya que se obtuvieron valores promedio cercanos al 26%, mientras que el contenido de amilopectina está alrededor de 74%, resultados que son similares a lo determinado por González y Pacheco (2006) en harina de cambur con valores de amilosa y amilopectina de 25,68% y 74,32% respectivamente, asimismo existen harinas de otras fuentes botánicas como las evaluadas por Van Hung *et al.* (2006) quien reporta para la harina de trigo un 25% a 28% de amilosa con 72 a 75% de amilopectina, y Radhika *et al.* (1994), indican para harina de diferentes tipos de arroz resultados de amilosa entre 19,7 y 29,4%, lo que significa que la harina de musáceas podría ser competitiva con estas harinas comerciales.

Sin embargo, existen harinas analizadas en investigaciones previas, con un mayor contenido de amilosa, tales como la harina ñame evaluada por Techeira (2009) (30,22%), la harina de Topocho investigada por Alemán (2009) (31,69% de amilosa) y la harina de plátano analizada por Pacheco *et al.* (2008) (33,26% de amilosa).

Cabe destacar que, las harinas de musáceas en estudio poseen alto contenido de amilosa por lo que se puede decir que son estables y resistentes al calentamiento con una mayor tendencia a retrogradar (Alemán y Pacheco, 2009).

En cuanto a la amilosa (29,65%) y amilopectina (70,35%) que se encuentra en el almidón en estudio (Tabla N° 10) se observa que el resultado es similar al obtenido para almidón nativo de maíz (28% de amilosa) por (Whistler y BeMiller, 1997) y al investigado por Mera *et al.* (2002) para almidón de yuca (31,19% de amilosa).

En cambio, Bertsh (2011) al evaluar el contenido de amilosa en almidón de musáceas (FHIA-18 e Ibotá) obtuvieron valores superiores a los reportados en el presente estudio (33,68 y 33,61% respectivamente); mientras que Lehmann *et al.* (2002) hallaron un resultado inferior de 8,47% para almidón de banana (*Musa acuminata* Var. *Nandigobe*).

Además, los almidones de papa, maíz, trigo y yuca con 20 a 28% de amilosa, muy utilizados a nivel comercial (Gallant *et al.*, 1982; Zaidul *et al.*, 2007), usualmente se consideran formadores de geles, por lo que al relacionarlos con el almidón nativo en estudio, con mayor contenido de amilosa, posiblemente origina geles más firmes y densos.

Las diferencias existentes del contenido de amilosa y amilopectina, entre las investigaciones, tanto para las harinas como para el almidón estudiado podrían atribuirse al hecho de tratarse de diferentes especies botánicas, a las condiciones de crecimiento de los cultivos, al método de extracción del almidón o a la metodología empleada en la determinación de amilosa (Hoover, 2001; Jayakody *et al.*, 2005; Alemán, 2009).

4.4.7 Fibra Dietética

En la Tabla N° 10, se puede notar que el contenido de fibra dietética va desde 4,79 a 6,26%, donde no existe diferencia estadísticamente significativa entre las muestras secadas a 45 x 380 min, 75 y 85°C x 180 min, mientras que la muestra deshidratada a 65°C x 240 min (6,26%) si presenta diferencia con respecto a estas y además presenta el mayor contenido.

Los resultados son similares a los reportados por Palomino *et al.* (2010) para el ocumo chino y criollo (6,27 y 5,19 % respectivamente) Techeira (2009) para harina de ñame (*Dioscorea alata*) (6,21%), inferior al presentado por los autores González y Pacheco (2006) para harina de cambur verde (7,71%) y Pacheco *et al.* (2008) en harina de plátano (*Musa paradisiaca*) (9,37%).

4.4.8 Azúcares reductores y totales

En cuanto al contenido de azúcares reductores los resultados obtenidos fueron de 0,02 a 0,28% (Tabla N° 10), donde se observa que hubo diferencia significativa entre las muestras, pero cabe destacar que las muestras secadas a 45 °C x 380 min y 65°C x 240 min no mostraron diferencia estadísticamente

significativa entre sí; el mismo comportamiento ocurre para el caso de los azúcares totales, oscilando los valores obtenidos entre 0,09 y 0,58% (Tabla N° 10).

En general, en la N° 10 se puede apreciar que el contenido de azúcares reductores y totales va aumentando con el aumento de la temperatura y se encuentran por debajo del 1%, lo que indica que los resultados son muy bajos, ya que las muestras se procesaron en estado de verde, donde aún no ha ocurrido la transformación del almidón en azúcares como sacarosa, glucosa y fructuosa. La harina secada a 85°C x 180 min muestra los valores más elevados con 0,28 y 0,58%, respectivamente, esta variación de dicha propiedad entre las muestras de harinas estudiadas puede atribuirse a que posiblemente el estado de maduración entre los racimos usados para el estudio variaba en semanas de cosecha; sin embargo, los valores obtenidos se encuentran entre el rango establecido por Lii *et al.* (1982) para plátano en estado de maduración “verde” de 0 y 1%.

Los valores obtenidos para azúcares reductores y totales son inferiores a los reportados por los autores Pacheco *et al.* (2008) para harina de plátano (1,27 y 4,23% respectivamente) y Vizcarrondo (2011) para harina de ñame con resultados que van desde 2,78 hasta 4,37%.

4.4.9 Polifenoles totales

En la Tabla N° 10, se muestra el contenido de polifenoles presentes en las harinas evaluadas, entre las cuales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey existe diferencias estadísticamente significativas, ya que las harinas secadas a 65 x 240 min y 85°C x 180 min pertenecen al grupo (a) presentando un mayor contenido de polifenoles (0,64 y 0,77%, respectivamente), seguido de la harina secada a 75°C x 180 min (0,52%) la cual es del mismo grupo pero también es estadísticamente igual a la harina secada a 45°C x 380 min que corresponde al grupo (b) con 0,36%.

Los resultados son superiores a los obtenidos para harina de plátano (0,20%) por Islas-Hernández *et al.* (2007), a los evaluados por Coronel (2011) en harina de batata (0,16%); por otro lado el mismo autor reportó para la harina de

yuca y ñame valores de 0,66 y 0,68% , respectivamente los siendo similares a los obtenidos en el presente estudio para las harinas pertenecientes a grupo (a); para el caso de la harina secada a 45°C, Bertsh (2011) reportaron para la harina de cambur FHIA-18 e Ibotá resultados de 0,36 y 0,35%, respectivamente y Techeira (2009) presentaron un valor de 0,34% en harina de ñame.

Las investigaciones indican que los polifenoles tienen capacidad antioxidante con potenciales beneficios para la salud, en consecuencia protegen al organismo de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que pueden ocasionar daños a nivel celular, originando procesos degenerativos o patológicos, tales como el envejecimiento, el cáncer, las enfermedades coronarias y el mal de Alzheimer (Gey, 1990; Ames *et al.*, 1993; Vinson *et al.*, 1998; Scalbert y Williamson, 2000; Hou *et al.*, 2001).. La presencia de estos compuestos químicos en las harinas, permite suponer que estas cuentan con propiedades antioxidantes, por lo que el consumo de productos alimenticios elaborados a partir de las mismas, ayudaría a minimizar el efecto de los radicales libres y a proteger al organismo de este tipo de enfermedades.

4.5 Efecto de las diferentes temperaturas de secado sobre las propiedades funcionales de las harinas y almidón nativo de cambur Cavendish ‘William’s.

4.5.1 Poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad en agua.

En las Figuras 10, 11 y 12, se expresan los resultados obtenidos referentes al poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad en agua para las diferentes harinas y almidón nativo en estudio, donde se observa que con el aumento gradual de la temperatura ocurre también un aumento gradual de estas propiedades, debido a que cuando los gránulos de almidón se sumergen en agua, las moléculas de esta se difunden, al interior del gránulos por lo que se hinchan y al aumentar la temperatura, va incrementando también su volumen ya que los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen y los

gránulos realizan una absorción progresiva e irreversible de agua (Karim *et al.*, 2008; Swinkels, 1985).

La tendencia de las suspensiones de las muestras en estudio, a incrementar la capacidad de absorción de agua, la solubilidad en agua y el poder de hinchamiento a medida que aumenta la temperatura, también fue reportada por Pacheco *et al.* (2008) en harina de plátano, Vizcarrondo (2011) en harina de ñame (*Discorea alata*), Alemán (2009) en la harina y almidón de topocho (*Musa ABB*) y González y Pacheco (2006) en harina de cambur (*Musa AAA*).

El aumento en el poder de hinchamiento y la capacidad de absorción de agua de las harinas secadas a diferentes temperaturas y el almidón nativo se observa a partir de los 65°C, valor que se encuentra por debajo de lo reportado (70°C) por Alemán (2009) para la harina y almidón de topocho (*Musa ABB*); González y Pacheco (2006) en harina de cambur (*Musa AAA*), Araujo *et al.* (2004) para almidón nativo de *D. bulbifera*.

La curva del poder de hinchamiento para las diferentes harinas estudiadas, presentaron valores más altos que los obtenidos por González y Pacheco (2006) para la harina de banana verde (4,32 a 14,19%, 60 y 95°C), lo cual podría ser indicativo, de la capacidad de estas harinas de formar geles espesos (Tomas y Atwell, 1999 y Jane, 2007). Es importante mencionar que las harinas secadas a 45°C x 380 min y 65°C x 240 min tienen mayor poder de hinchamiento, absorción de agua y tendencias similares entre sí que las harinas secadas a 75 y 85°C x 180 min (tendencias similares entre sí), y además mostraron a la temperatura de 95°C valores de poder de hinchamiento de 29,28 y 30,09% y absorción de agua de 28,28 y 29,09g de agua/g de almidón, respectivamente.

Chaparro *et al.* (2011), en el estudio de la harina de apio secadas a diferentes temperaturas (65, 75, 85°C) reportaron que el índice de absorción de agua disminuyó a medida que aumentaba la temperatura de secado de estas, atribuyendo este comportamiento a que al deshidratar las muestras las moléculas de amilosa interactuaron entre sí formando otra estructura que posiblemente impidió la absorción de agua.

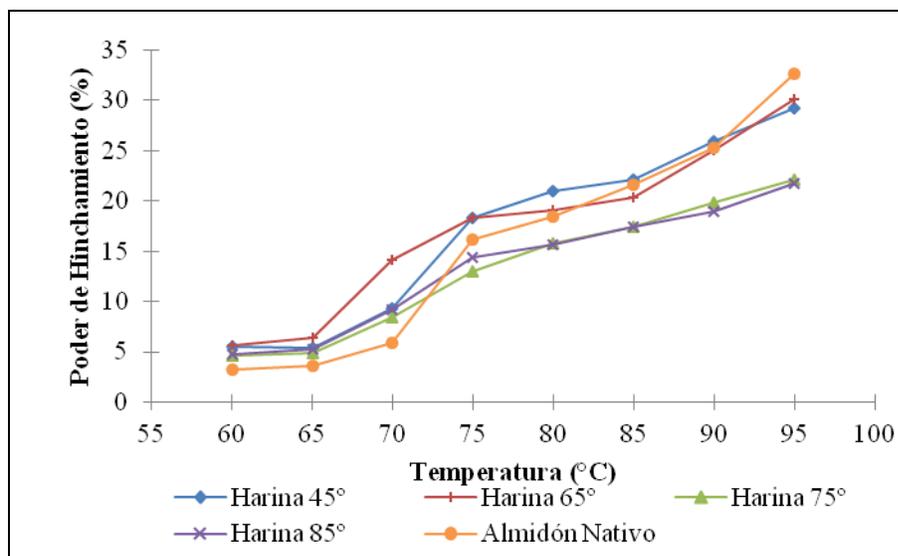


Figura 10. Poder de hinchamiento de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

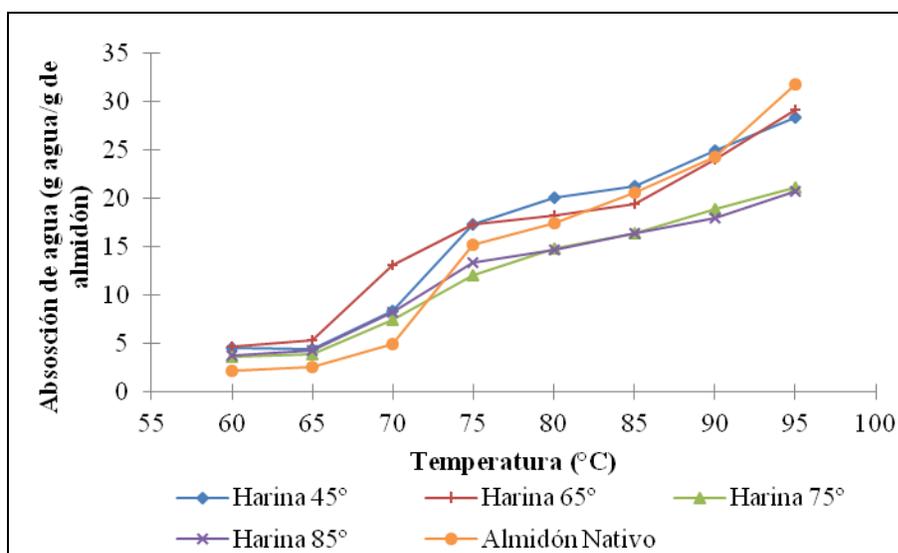


Figura 11. Índice de absorción de agua de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’.

En lo que respecta a la solubilidad en agua tanto de las harinas como del almidón nativo (Figura 12), esta va aumentando con la temperatura, ya que a medida que se incrementa la temperatura el granulo de almidón gelatiniza, provocando la ruptura del orden molecular intragranular, y la liberación y solubilización de las moléculas de amilosa en el medio dispersante (Colutate,

1988; Araujo *et al.*, 2004; Mali *et al.*, 2005). Por consiguiente, los resultados de solubilidad obtenidos para las diferentes muestras de harinas de cambur mostrados en la Figura 14, son mayores a las reportados por Alemán (2009) para la harina de topocho (12,56 a 18,55%, 80 y 95°C), González y Pacheco (2006) en harina de cambur verde secada a 80°C (13,42% a 19,85% para las temperaturas de 60 a 95°C) y Bello-Pérez *et al.* (2002a) para el almidón de plátano macho (17,48% a 90°C).

La curva de solubilidad en agua muestra que a la temperatura de 95°C el porcentaje de solubilidad fue similar en las harinas secadas a 45°C x 380 min y 65°C x 240 min, siendo este el mayor porcentaje de solubilidad, seguido del almidón nativo y la harina secada a 75°C x 180 min y por último la harina deshidratada a 85°C x 180 min, observándose una tendencia decreciente de esta propiedad a medida que aumenta la temperatura de secado de las harinas, tal como lo señala Chaparro *et al.* (2011), en el estudio de la harina de auyama secada a diferentes temperaturas (65, 75, 85°C), lo que posiblemente se produjo por hidrólisis térmica de las cadenas de almidón, convirtiéndose en estructuras más pequeñas, disminuyendo su capacidad de atrapar las moléculas de agua (Rodríguez *et al.*, 2006).

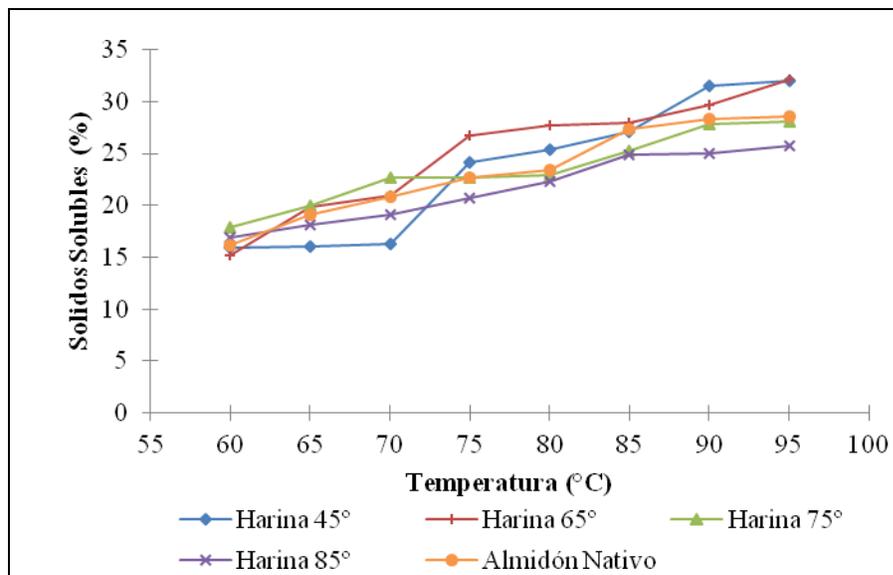


Figura 12. Solubilidad en agua de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’.

4.5.2 Solubilidad en agua fría.

La solubilidad en agua fría está determinada por la estructura granular y el contenido de amilosa, así como la longitud de la cadena de amilopectina (Singh y Singh, 2007; Imberty y Pérez, 1988; Chen y Jane 1994). En la Tabla N° 11, se muestran los resultados obtenidos para la solubilidad en agua fría de las muestra de harinas y almidón estudiadas, donde se nota que el valor más alto entre las harinas es 6,40%, correspondiente a la harina secada a 85°C x 180 min, lo cual puede ser debido al contenido de amilosa presente y otros compuestos químicos, como proteína y fibra soluble que al estar formando un complejo con la fracción de almidón, pudieran estar incrementando su solubilidad a temperatura ambiente.

Tabla N° 11. Solubilidad en agua fría de las muestra de harina y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘Williams’.

Muestras	Solubilidad en agua fría
	(%)
Harina 45°C x 380 min	4,36±0,10
Harina 65°C x 240 min	4,03±0,10
Harina 75°C x 180 min	5,29±0,10
Harina 85°C x 180 min	6,40±0,10
Almidón nativo	0,28±0,01

Para las diferentes harinas, el porcentaje de solubilidad en agua fría se encontró entre 4,03 y 6,40%, valor que se encuentra por debajo a lo reportado por Techeira (2009) para la harina de ñame (14,22%), Praderes *et al.* (2010) para la harina der auyama (83,8%) y Praderes *et al.* (2009) para la harina de quinchoncho (83,5%), lo que significa que la capacidad de solubilización de estas harinas en agua fría es muy baja.

En la Tabla N°11, se puede apreciar que el porcentaje de solubilidad en agua fría del almidón es 0,28%, resultado que es superior al reportado por Salinas *et al.* (2003) para almidones nativos de maíz, donde los valores se encontraban en

un rango de 0,10 y 0,16%; sin embargo existen investigaciones con resultados superiores a este, como los obtenidos por Bertsh (2011) y Acevedo (2011) en almidones nativos de cambur (0,57 y 0,69%) y ñame (0,46%) respectivamente, Alemán (2009) en almidón nativo de topocho con 8,01% de solubilidad en agua fría. Esta baja capacidad de solubilizarse a temperatura ambiente mostrada por el almidón nativo en estudio es propia de los almidones nativos que generalmente no tienen las características requeridas por la industria, es decir, poseen propiedades espesantes limitadas, alta tendencia a la retrogradación y pérdida de agua (Bello-Pérez *et al.*, 2002; Bello-Pérez *et al.*, 2001); lo anterior permite concluir que no es ideal como agente espesante en la preparación de productos instantáneos.

4.5.3 Estabilidad y claridad de las pastas.

En la Figura N° 13, se presentan los resultados obtenidos del porcentaje de transmitancia determinado para las pastas de las harinas y almidón nativo en estudio evaluadas a temperatura ambiente (25°C), mientras que en la Figura N° 14, se muestran los porcentajes de transmitancia evaluados a 4°C, por un período de 72 horas; donde se puede notar que los valores de transmitancia tanto a temperatura ambiente como a 4°C, para las harinas, permanecen prácticamente constantes con el pasar del tiempo para las diferentes muestras evaluadas, por lo que se puede decir que presenta una alta estabilidad a la retrogradación.

Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos entre muestras de harina, a las 0, 24, 48 y 72 horas de formadas las pastas, se puede apreciar que tanto a temperatura ambiente como a 4°C la harina secada a 65°C x 240 min es la que muestra el valor más alto de transmitancia, y por ende, una menor tendencia a la retrogradación, lo cual puede atribuirse a que posiblemente debido a la temperatura y tiempo de secado de la harina, el almidón presente en esta se pregelatinizó, caso en el cual la estructura del almidón se pierde por efecto del tratamiento térmico, lo que dificulta el reordenamiento de las moléculas constituyentes (amilosa y amilopectina) (Colonna *et al.*, 1984; García *et al.*, 1997; Jacobs y Delcour, 1998).

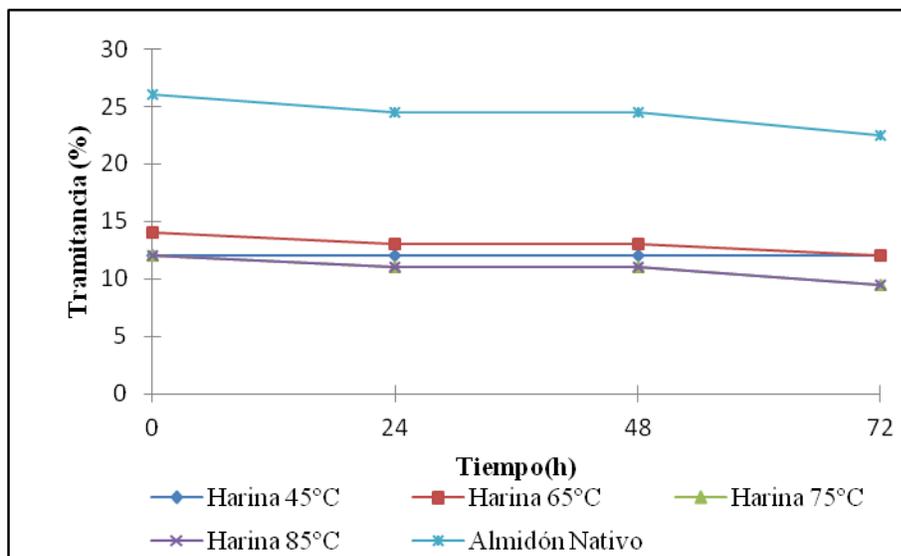


Figura 13. Estabilidad y claridad a temperatura ambiente de las pastas de las harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’ obtenidas a diferentes temperaturas y tiempos de secado.

En cuanto a la estabilidad y claridad de las pastas para el almidón en estudio, el porcentaje de transmitancia, va disminuyendo muy ligeramente a temperatura ambiente (Figura 13) (desde 26 a 22,5%), mientras que a 4°C la disminución es más pronunciada (Figura 14)(desde 26 a 17,5%); Alemán (2009) muestran un comportamiento similar para almidones nativos y modificados de topocho con valores iniciales cercanos al 8% que van disminuyendo con el tiempo hasta 1%, asimismo Waliszewski (2002) presenta la misma tendencia. Este comportamiento, indica un aumento de la opacidad de las pastas, debido al proceso de retrogradación que experimentan las moléculas de almidón, y principalmente la fracción de amilosa, una vez ocurrido el enfriamiento de la pasta que gelatiniza (Jacobson *et al.*, 1997; Bello-Pérez *et al.*, 2000a; Ishiguro, 2000).

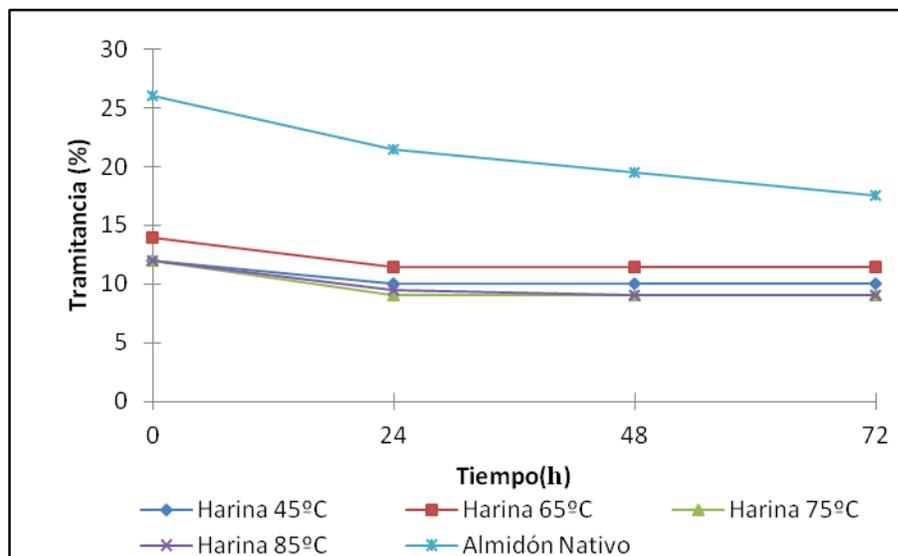


Figura 14. Estabilidad y claridad a 4°C de temperatura de las pastas de las harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenidas a diferentes temperaturas y tiempo de secado.

Por último, es necesario mencionar que de acuerdo a la clasificación presentada por Chen y Jane (1994) y Amani *et al.* (2005), las muestras estudiadas se consideran como susceptibles a experimentar retrogradación en el enfriamiento, debido a que los valores de transmitancia se encuentran por debajo del 40%; y para indicar que una suspensión no presente retrogradación sus geles deben ser claros y transparentes. De allí, que las harinas y almidón nativo en estudio podrían ser usados en alimentos que no requieran transparencia como pudines, relleno de tortas, geles de frutas y espesantes para sopas.

4.5.4 Estabilidad al congelamiento y deshielo.

Los productos alimenticios que van a ser sometidos a almacenamiento refrigerado o bajo congelación, deben mantener su composición química y su estructura física estables a bajas temperaturas y a través del tiempo.

En la Tabla N°12, se pueden observar los valores obtenidos de la estabilidad al congelamiento y deshielo de las suspensiones de harinas y almidón nativo en estudio, que consiste en determinar el volumen de agua eliminada del

gel, producto de la reorganización de las moléculas del almidón cuando ocurre el enfriamiento (Bello-Pérez *et al.*, 2002).

Tabla N° 12. Estabilidad al congelamiento y deshielo de las harinas y del almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

Muestras	% de agua eliminada
Harina 45°C x 380 min	80,00±1,00
Harina 65°C x 240 min	78,75±1,00
Harina 75°C x 180 min	81,25±1,00
Harina 85°C x 180 min	83,75±1,00
Almidón nativo	80,00±1,00

Los resultados obtenidos para las harinas varían de 78,75 a 83,75%, similar a lo determinado por Bertsh (2011) para las harinas de híbridos de cambures de FHIA-18 e Ibota (83,75 y 82,5, respectivamente). Además, en la Tabla N°12 también se puede observar que la harina que eliminó menor cantidad de agua fue la secada a 65°C x 240 min lo que significa que tiene mayor estabilidad al congelamiento-deshielo que el resto de las harinas.

El agua eliminada del almidón nativo evaluado es de 80%, resultado similar a lo reportado por Techeira (2009) y Acevedo (2011) en almidón nativo de ñame con 70 y 80% de sinéresis, respectivamente, además De la Torre- Gutiérrez *et al.* (2007) también muestra valores similares para almidón nativo de plátano los cuales presentaron alta tendencia a la sinéresis y una baja estabilidad a la refrigeración.

En general, tanto en las harinas como en el almidón nativo estudiado, presentaron una baja estabilidad al congelamiento, debido a la gran cantidad de agua que eliminaron, por lo que no se recomienda el uso de productos que requieran congelación.

4.5.5 Capacidad de retención de agua.

En la Tabla N° 13, se pueden apreciar los resultados obtenidos para la capacidad de retención de agua de las harinas y el almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish; donde se nota que la capacidad de retener agua de las muestras en estudio aumenta con el aumento de la temperatura del proceso (70, 80, 90°C) como se esperaba. Esta misma tendencia es reportada por otros autores como Bello-Pérez *et al.* (2002b) y Waliszewki *et al.* (2003).

Tabla N° 13. Capacidad de retención de agua de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s

Muestras	Temperatura		
	70°C	80°C	90°C
Harina 45°C x 380 min	14,0	20,0	21,0
Harina 65°C x 240 min	11,5	20,0	22,0
Harina 75°C x 180 min	13,0	19,0	23,0
Harina 85°C x 180 min	15,0	19,0	23,0
Almidón nativo	14,0	23,0	29,0

Las harinas presentaron una capacidad de retención de agua entre 21 y 23%, mientras que el almidón nativo mostró una capacidad de 29% el cual es superior al presentado por Alemán (2009) para almidón de topocho y de maíz con 18 y 12%, respectivamente, lo que indica que el almidón nativo en estudio refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón generando así un gel más estable con menor tendencia a la sinéresis; esto está asociado a una mayor presencia de zonas semi cristalinas y poseer un mayor contenido de amilosa (Imberty *et al.*, 1988).

Sin embargo, estos resultados son inferiores a los determinados por otros investigadores como Waliszewki *et al.* (2003) y Bello-Pérez *et al.* (2002a) quienes al evaluar el almidón nativo de plátano encontraron valores de la capacidad de retención de agua de 44,7% y 50%, respectivamente, así como también Shujun *et*

al. (2006) y Shujun *et al.* (2007) en almidones de *Dioscorea opposita* Thunb presentaron valores por encima a los obtenidos en esta investigación.

4.5.6 Consistencia del gel.

Los resultados de consistencia del gel, obtenidos para las suspensiones de las diferentes harinas y almidón nativo en estudio se presentan en la Tabla N° 14, donde se puede apreciar que para las harinas los valores varían de 6,25 a 8,50cm, resultados que son inferiores a lo publicado por Bertsh y Techeira (2011) para harina de cambur FHIA-18 e Ibota con resultados de 20 y 18,50 cm, respectivamente.

Tabla N° 14. Consistencia del gel, expresada como desplazamiento en cm.

Muestra	Consistencia (cm/30seg.)
Harina 45°C x 380 min	7,25±0,25
Harina 65°C x 240 min	6,25±0,25
Harina 75°C x 180 min	8,00±0,25
Harina 85°C x 180 min	8,50±0,25
Almidón nativo	9,00±0,25

En lo que respecta al resultado de las harinas, la que presentó mayor consistencia fue la harina secada a 65°C x 240 min al experimentar el menor desplazamiento (6,25cm) en el consistómetro de Bostwick. Este comportamiento, puede deberse posiblemente al mayor poder de hinchamiento alcanzado por los gránulos de almidón de dicha suspensión, lo que se traduce en una mayor capacidad de absorción de agua.

En la Tabla N° 14, se observa que la consistencia del gel del almidón nativo (9cm) es comparable con el resultado determinado por Acevedo (2011) en almidón de ñame modificado por sinéresis iterada (8,50cm), inferior a lo reportado por Bertsh (2011) en almidón nativo de híbridos de FHIA-18 e Ibota (22 y 18cm

respectivamente); pero superior a lo publicado por Pérez y Pacheco (2005) en almidón nativo de *Ipomoea batatas* Lam (4,2 cm).

4.5.7 Capacidad de gelificación.

La cantidad de agua eliminada es un índice de la tendencia de un gel a contraerse y exudar líquidos, debido a que el efecto de ligar agua no se obtiene completamente. Es un fenómeno no deseable en los geles de almidón y es indicativo de rearrreglos de los componentes amiláceos que ocurren después de la formación del gel, perdiéndose el dominio de las moléculas de agua, las cuales salen de la formación del gel (Rached *et al.*, 2006).

Tabla N° 15. Capacidad de gelificación, expresada como porcentaje de agua eliminada, determinada para las suspensiones de harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Concentraciones	Muestras				
	Harina 45°C x 380 min	Harina 65°C x 240 min	Harina 75°C x 180 min	Harina 85°C x 180 min	Almidón
8%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
8,5%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
9%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
9,5%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
10%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
10,5%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
11%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
11,5%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
12%	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00

En la Tabla N°15, se presenta la capacidad de gelificación, determinada a las 3 horas de almacenamiento refrigerado, para diferentes concentraciones de harinas y almidón nativo en estudio, observándose que tanto las harinas como el almidón obtuvieron el máximo poder de gelificación con 0% de agua eliminada en las

concentraciones evaluadas, es decir que estas harinas y almidón nativo absorbieron toda el agua.

4.5.8 *Viscosidad Aparente*

En las Figuras 15 y 16, se presenta el comportamiento de la viscosidad aparente determinada para las muestras de harina y almidón nativo en estudio, a diferentes velocidades de deformación (6, 12, 30 y 60rpm), donde se puede apreciar que al aumentar la fuerza de corte a la temperatura de 25°C, se produce una disminución de la viscosidad, lo cual es característico de fluidos no newtoniano pseudoplástico (Rao,1997, Mohameed *et al.*, 2006) y se debe posiblemente a la degradación por fricción de las moléculas que componen el almidón, es decir de las moléculas de amilosa y amilopectina, que disminuyen su capacidad de retención de agua (Nkala, 1994; Rao *et al.*, 1997; Sandoval *et al.*, 2007).

El comportamiento de la viscosidad de las suspensiones de las harinas y almidón nativo a través del tiempo, a una velocidad de deformación constante de 30rpm se muestra en la Figura 17, en la que se puede observar que la viscosidad de las muestras en estudio se mantuvo prácticamente constante durante los 30min que duro el tratamiento. Debido a este comportamiento de las muestras bajo estudio, donde la viscosidad no aumenta ni disminuye a través del tiempo, se recomienda su aplicación en alimentos que requieren procesos de agitación por períodos prolongados, tales como jugos, yogurt liquido, puré y salsas.

El mismo comportamiento pseudoplástico y estable a través del tiempo fue observado por otros autores como Coronel (2011) en harinas de yuca, batata y ñame; Bello-Pérez *et al.* (2002a) en almidones nativos y modificados de plátano; Bertsh (2011) en harina de FHIA-18 y almidón nativo de FHIA-18 e Ibota.

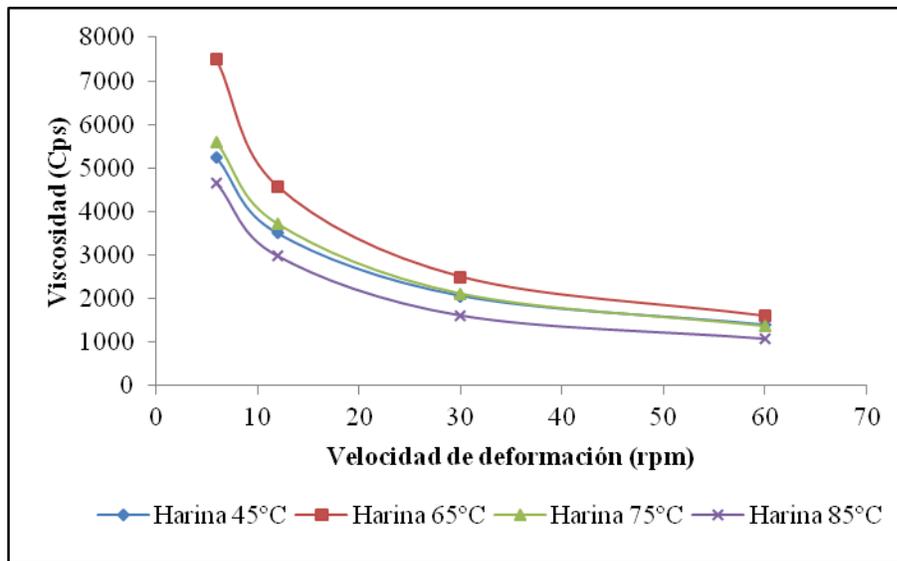


Figura 15. Viscosidad aparente, determinada para las suspensiones de harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s a las velocidades de deformación de 6, 12, 30 y 60rpm

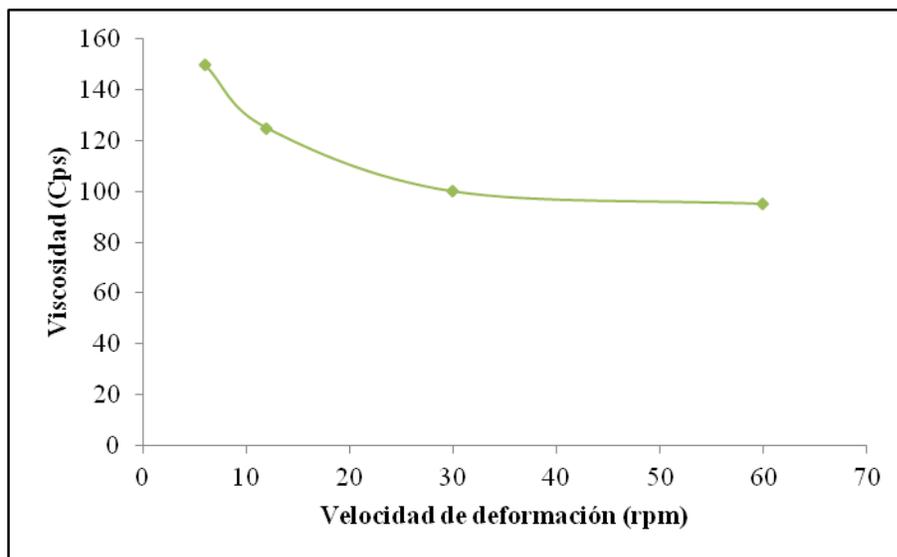


Figura 16. Viscosidad aparente, determinada para las suspensiones de almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, a las velocidades de deformación de 6, 12, 30 y 60rpm.

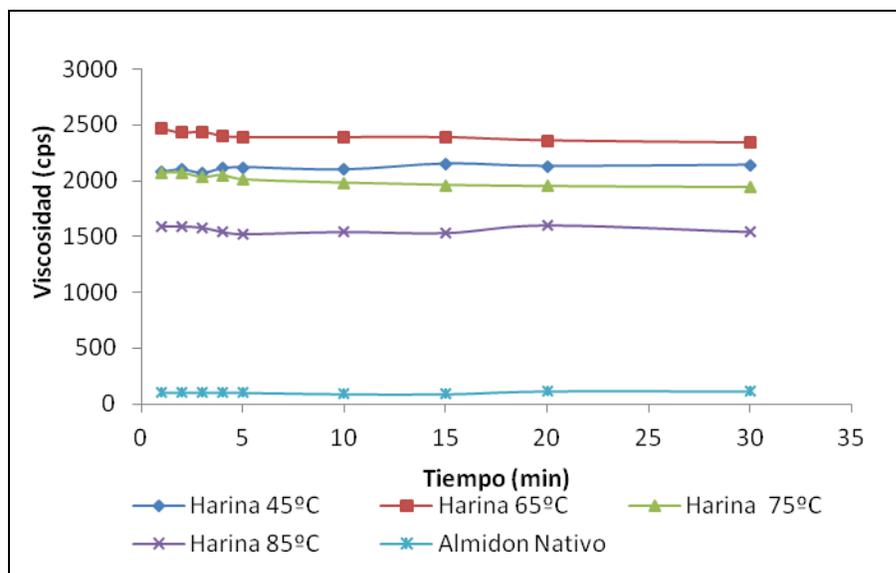


Figura 17. Viscosidad aparente, determinada para las suspensiones de las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s con respecto al tiempo, a una velocidad de deformación constante de 30rpm.

4.5.9 Curvas amilográficas

Un viscoamilograma es un registro del comportamiento de una suspensión de almidón a una concentración determinada, durante el calentamiento y enfriamiento bajo una velocidad constante de cizallamiento. El incremento en la viscosidad es medida por un torque sobre una aguja, con un sistema de control automático y en una curva son reproducidos los perfiles de gelatinización y de empastamiento del almidón analizado. Se realiza con un Viscoamilógrafo Brabender y los datos son reportados en Unidades Brabender (UB). La prueba completa en el viscoamilografo consta de cuatro etapas térmicas fundamentales como son: calentamiento, retención a temperatura constante, enfriamiento y luego nuevamente retención a temperatura constante (Mondragón, 2004).

En la Tabla N° 16, se presentan los valores obtenidos para las características de gelatinización de cada una de las suspensiones de harina y almidón nativo, suministradas por las curvas amilográficas preparadas al 7%,

Tabla N° 16. Características de gelatinización, determinadas haciendo uso del micro-viscoamilógrafo Brabender y expresadas en Unidades Brabender (UB), de las suspensiones de harinas y almidón nativo de cambur Cavendish ‘William’s, preparadas al 7%.

<i>Parámetros</i>	<i>Almidón nativo</i>	<i>Harina 45</i>	<i>Harina 65</i>	<i>Harina 75</i>	<i>Harina 85</i>
<i>Viscosidad inicial (UB)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Temp. inicial de gel. (°C) (A)</i>	<i>72</i>	<i>67,6</i>	<i>63,2</i>	<i>62,1</i>	<i>62</i>
<i>Viscosidad máx.(UB) (B)</i>	<i>421</i>	<i>295</i>	<i>322</i>	<i>338</i>	<i>339</i>
<i>Viscosidad a 95 °C (UB) (C)</i>	<i>360</i>	<i>278</i>	<i>317</i>	<i>325</i>	<i>329</i>
<i>Viscosidad a 95°C x 15 min.(UB) (D)</i>	<i>284</i>	<i>196</i>	<i>240</i>	<i>249</i>	<i>283</i>
<i>Viscosidad a 50 °C (UB) (E)</i>	<i>442</i>	<i>280</i>	<i>338</i>	<i>335</i>	<i>334</i>
<i>Viscosidad a 50°C x 10 min (UB) (F)</i>	<i>461</i>	<i>321</i>	<i>340</i>	<i>339</i>	<i>342</i>
<i>Retrogradación (F - B)</i>	<i>40</i>	<i>26</i>	<i>18</i>	<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Fragilidad (B - D)</i>	<i>137</i>	<i>99</i>	<i>82</i>	<i>89</i>	<i>56</i>
<i>Consistencia (E - D)</i>	<i>158</i>	<i>84</i>	<i>98</i>	<i>86</i>	<i>51</i>

mientras que en las Figuras 18,19,20, 21, y 22, se pueden apreciar los amilogramas correspondientes.

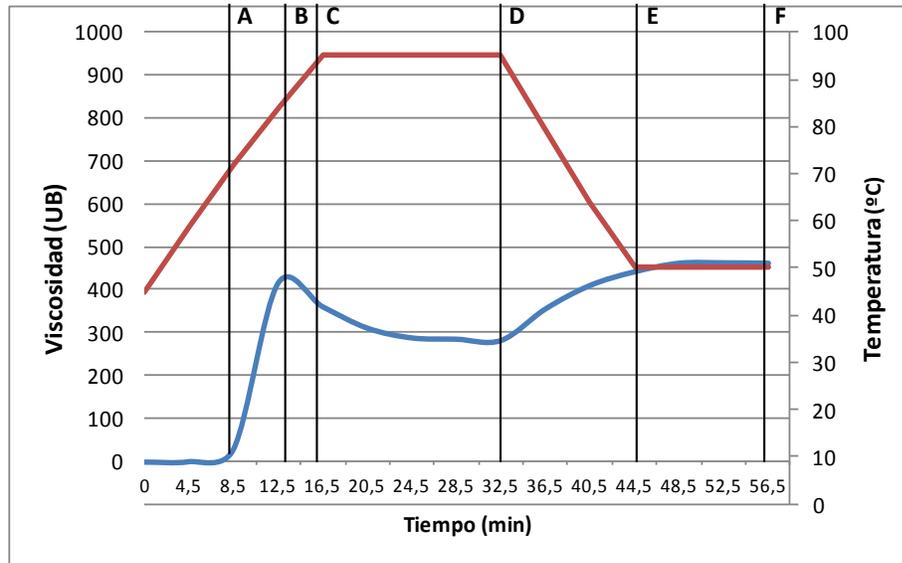


Figura 18. Curva amilográfica obtenida para la suspensión al 7 % de almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s’.

Temperatura inicial de gelatinización (TIG).

Durante la fase inicial de calentamiento la temperatura de gelatinización es la temperatura a la cual los gránulos del almidón se empiezan a hinchar y hay un aumento en la viscosidad; se expresa en grados celcius (°C) (ISI, 2000).

La temperatura inicial de gelatinización, para las harinas se encuentra entre 62 y 67,6°C, observándose que a medida que aumenta la temperatura de secado de las harinas va disminuyendo la temperatura inicial de gelatinización, indicando que para generar la gelatinización en estas se necesita menor energía en la harina secada a mayor temperatura, debido a que el grado de ordenamiento en el interior de los gránulos es menor, es decir, las muestras presentan una estructura intragranular muy débil y altamente desordenada, que facilita el ingreso del agua

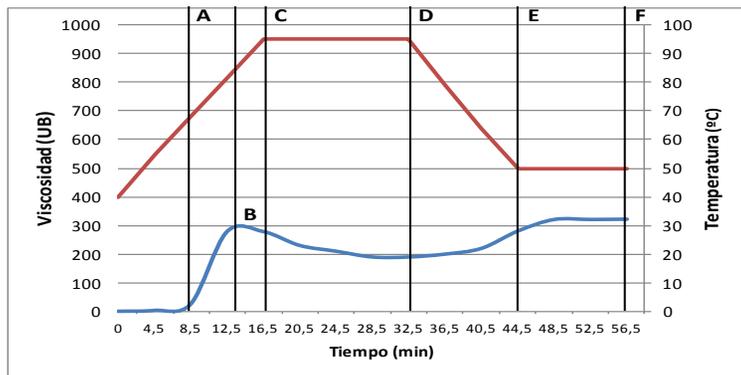


Figura 19. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 45°C x 380 min.

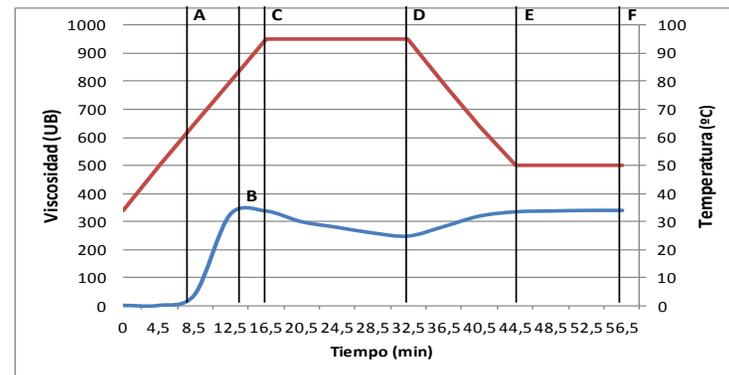


Figura 21. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 75°C x 180 min.

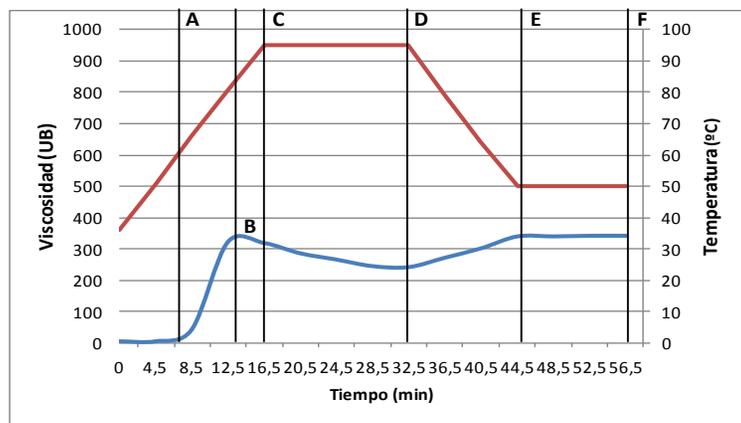


Figura 20. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 65°C x 240 min.

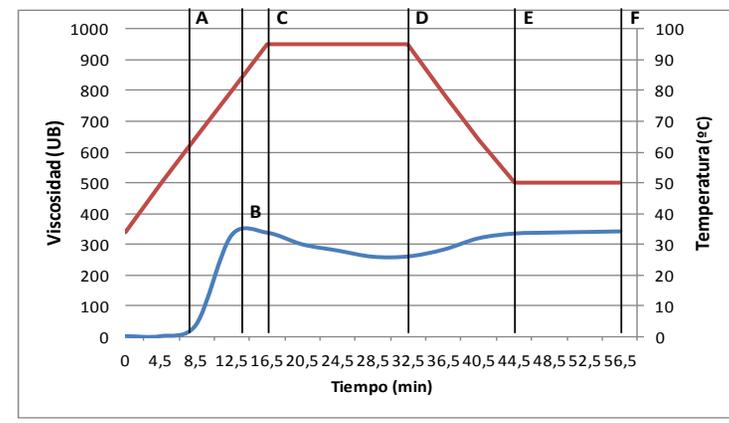


Figura 22. Curva amilográfica de la suspensión al 7 % de harina de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenida a 85°C x 180 min.

en el gránulo (Cooke y Gidley, 1992; Zhou *et al.*, 2002; Singh y Singh, 2007).

El almidón nativo en estudio presenta una temperatura inicial de gelatinización de 72°C, siendo esta mayor a las obtenidas para las harinas, lo cual puede atribuirse a la relación amilosa/amilopectina debido a que investigaciones realizadas demuestran que a mayor contenido de amilosa se necesita de una mayor temperatura para dar inicio al proceso de gelatinización, ya que el ingreso del agua se dificulta por acción del alto grado de ordenamiento intragranular; la proporción de cadenas de amilopectinas de gran longitud también influye debido a que esta puede formar estructuras de doble hélice que requiere de una gran cantidad de energía para lograr la disociación; además, otros factores que afectan a la temperatura de gelatinización son el tamaño del gránulo, el peso de las moléculas de almidón y la movilidad intragranular (Singh y Singh, 2007; Zhou *et al.*, 2002; Lewandowicz *et al.*, 2000; Adebowlw *et al.*, 2005).

Al comparar los resultados obtenidos con los de otros autores, se puede notar que estos son inferiores a los determinados por Alemán (2009) en harina y almidón nativo de topocho (72,5 y 74,7°C, respectivamente), González y Pacheco (2006) para harina de cambur verde (77°C), Vizcarrondo (2011) en harina de ñame (entre 69,4 y 74,5°C).

Viscosidad máxima

Es el valor mayor de viscosidad durante el proceso de empastamiento de los geles. La máxima viscosidad (B) fue observada en el almidón nativo con 421UB; seguida de harina secada a 85°C y 75°C cuyos valores se encontraron en 339 y 338 UB, mientras que en las harinas deshidratadas a 65 y 45°C presentaron una leve disminución con respecto a estas con valores de 322 y 295 UB. Esto permite inferir que los gránulos de la suspensión de almidón nativo tienen mayor poder de hinchamiento y por ende, mayor capacidad de retención y absorción de agua. (Adebowlwale y Lawal 2003; Choi y Kerr, 2004; Sandhu *et al.*, 2008).

Al observar el perfil amilográfico que desarrollaron estas suspensiones de harinas, se puede apreciar que las mismas no presentaron un pico de viscosidad máxima definido a diferencia del almidón en estudio, lo cual se traduce en una mayor estabilidad de los gránulos al calentamiento, presentando un comportamiento característico de los almidones de cereales, es decir, la viscosidad de las suspensiones se mantiene estable durante la fase de calentamiento, sin que se desarrolle un pico pronunciado de viscosidad (Miles *et al.*, 1984 y Leelavathi *et al.*, 1987).

Los valores de viscosidad máxima determinados fueron similares a los presentados por Singh y Singh (2007) en almidones de diferentes variedades de maíz (entre 302 y 452 UB); Bertsh (2011) en harina y almidones de FHIA-18 (280 y 420 UB, respectivamente); Acevedo (2011) en almidón nativo de ñame (437 UB).

Fragilidad o “Breakdown”.

La fragilidad se refiere a la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad obtenida después del período de calentamiento constante a 95°C. Es un índice que permite evaluar la fragilidad de los gránulos de almidón frente al calentamiento continuo y bajo estrés mecánico (Rasper, 1980). Si el valor de fragilidad es alto, indica que habrá menor resistencia de los gránulos hinchados a la desintegración mecánica, y menor estabilidad de la suspensión de almidón o harina durante el proceso de cocción (Mazur *et al.*, 1957; Ortega y Eliasson, 2001; Olayide, 2004). Durante el calentamiento constante, si la viscosidad permanece constante, atiende a que los gránulos de almidón presentan una gran estabilidad frente a la desintegración mecánica (Rasper, 1980; Pitchon *et al.*, 1981; González, 1997; Rao *et al.*, 1997).

Cabe destacar que en las Figuras 18, 19, 20, 21 y 22, se puede ver como durante el calentamiento constante, tanto para las harinas como para el almidón nativo, los valores de viscosidad disminuyen, por lo que puede suponerse que los

gránulos hinchados son frágiles o no resisten el proceso de agitación y calentamiento.

Al observar los valores de fragilidad en la Tabla N°16, se nota que la harina elaborada a 85°C x 180 min fue la más resistente al esfuerzo mecánico y a las altas temperaturas, debido a que mostró el valor de fragilidad más bajo (56 UB), lo cual puede atribuirse a que la alta temperatura utilizada en el proceso de deshidratación permite incrementar las fuerzas de enlace intragranulares, disminuyendo su capacidad de absorción de agua, pero incrementando su resistencia al tratamiento térmico bajo la forma de suspensión (Vizcarrondo 2011).

Los resultados obtenidos para las harinas fueron inferiores a los reportados por Salazar y Marcano (2005) en harina de ñame (140 UB), Alemán (2009) en harina de topocho (179 UB) y González y Pacheco (2006) en harina de cambur (148,5 UB); mientras que el almidón en estudio presentó un valor de fragilidad superior a lo evaluado por Hernández *et al.* (2004) en suspensiones de almidón de maíz (55 UB).

Retrogradación o “Setback”.

La retrogradación se define como la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad a 50°C, expresada en Unidades Brabender (UB), y es un índice utilizado para expresar la tendencia de los almidones a retrogradar, en consecuencia, mientras mayor sea el valor de este índice, mayor será la tendencia de los componentes de la pasta de almidón a retrogradar, producto del incremento en la viscosidad de la suspensión durante el enfriamiento (Rasper, 1980; Ravindran y Wanasundera, 1992; Satin, 1998).

En la Tabla N°16, se reportan los valores obtenidos para el índice de retrogradación, observándose que las harinas de 75 y 85°C presentaron los valores más bajos, siendo 1 y 3 respectivamente; demostrando que estas harinas no sólo poseen una mayor viscosidad máxima sino que también un menor índice de retrogradación. Este comportamiento se atribuye a que los gránulos de almidón contenidos en las harinas fueron sometidas a un proceso de pre-gelatinización, que

dificulta el reasociamiento de las cadenas de almidón, una vez que ocurre el enfriamiento de la suspensión (Vizcarrondo, 2011).

El almidón nativo bajo estudio presentó mayor tendencia a retrogradar (40 UB) con respecto a las harinas, lo cual se debe posiblemente al mayor contenido de amilosa presente. De acuerdo con Ishiguro (2000) y Swinkles (1987), la retrogradación viene determinada por varios factores entre los que se destaca la relación amilosa-amilopectina, debido a que la amilosa presenta una mayor tendencia a retrogradar; no obstante en condiciones de altas temperaturas y elevadas concentraciones, la fracción ramificada de amilopectina puede experimentar la retrogradación.

Los resultados obtenidos para el caso de las harinas son inferiores a los reportados por Bertsh (2011) en harinas de híbridos de FHIA-18 e Ibota (42 y 40 UB, respectivamente), Alemán (2009) en harina de topocho (102 UB), Coronel (2011) para harina de ñame (72 UB); mientras que el resultado obtenido del almidón fue similar a lo presentado por Nwococha y Willianms (2009) en almidones de *Musa paradisiaca* (37UB), Acevedo y Techeira (2011) en almidón nativo de ñame (44 UB) y Zamudio *et al.* (2010) en almidones nativos de plátano verde (48 UB); pero inferior a lo determinado Singh y Singh (2007) en suspensiones de almidón nativo obtenido de diferentes variedades de maíz, con valores de “setback” entre 141 y 726 UB.

4.6 Propiedades nutricionales del almidón nativo y el efecto de las diferentes temperaturas de secado de las harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s sobre estas propiedades.

4.6.1 Digestibilidad “in vitro” del almidón

En la Figura 23, se puede apreciar la susceptibilidad de las muestras de harinas y almidón nativo en estudio, ante la acción de la enzima α -amilasa pancreática, donde se nota que la proporción de almidón capaz de ser hidrolizado incrementa a medida de que el tiempo transcurre, siendo la harina secada a 85°C x

180 min la que presentó a las 2 horas de incubación el valor más alto de digestibilidad *in vitro* (37,20%), observándose que con la disminución de la temperatura de deshidratación de las harinas también se reduce el porcentaje de hidrólisis de estas, debido posiblemente a que el tratamiento calórico produce la ruptura de los gránulos de almidón y un cambio irreversible en la estructura cristalina de la molécula (gelatinización), facilitando de este modo la acción de la enzima α -amilasa pancreática en el proceso de digestión natural (Hung y Morita, 2005; Farhat *et al.*, 2001; Gallant *et al.*, 1992).

No obstante, diversos investigadores han determinado que el grado de gelatinización incrementa la digestibilidad “*in vitro*” de suspensiones de almidón de diferentes fuentes botánicas, sometidos a la acción de α -amilasa pancreática y amiloglucosidasa (Urooj y Puttraj 1999; Liu 2002 y Hernández *et al.*, 2008). Este comportamiento se explica por el hecho de que durante el proceso de gelatinización, los puentes de hidrógeno y las fuerzas de enlace que mantienen la estructura cristalina organizada, se rompen, resultando en la pérdida del orden intragranular, favoreciendo la absorción de agua y la lixiviación de moléculas hidratadas al exterior del gránulo. De esta forma, el almidón se hace más disponible, y la digestión enzimática se incrementa al aumentar el grado de gelatinización (Englyst y Cummings, 1987; Guraya *et al.*, 2001; Osorio *et al.*, 2002; González *et al.*, 2007).

El porcentaje de hidrólisis del almidón nativo evaluado a las 2 horas de incubación fue de 7,60% lo que indica que fue el que presentó mayor resistencia a la digestión, tal como lo indican Rodríguez y Silva (2003) y Tester *et al.* (2006) quienes afirman que los gránulos de almidón nativos se caracterizan por resistir a la hidrólisis de las amilasas pancreáticas. Por consiguiente, este resultado es inferior al reportado por Farhat *et al.* (2001) en almidón nativo de maíz y papa con 30 y 12,5% , respectivamente, Acevedo (2011) en almidón nativo de ñame (40%) y Pacheco (2002) en almidones de plátano verde (42%); pero similar a lo evaluado por Bertsh (2011) en almidón nativo de musácea Ibota con 7,06%.

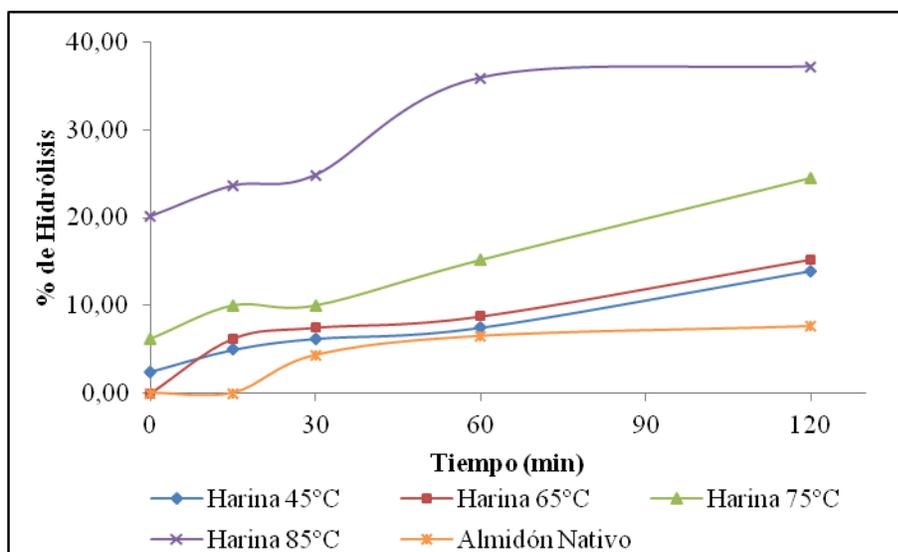


Figura 23. Digestibilidad “in vitro” del almidón para las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

En cuanto a los resultados obtenidos para las harinas a las 2 horas de incubación, estos varían de 13,88 a 37,20%, siendo similar a lo reportado por Alemán (2009) en harina de topocho (37%) y a lo expresado por Bertsh (2011) en harina de FHIA- 18 (13,76%).

4.6.2 Almidón resistente

El almidón era considerado hasta hace algunas décadas atrás, completamente digerible y absorbible en el intestino delgado de los seres humanos; pero actualmente se sabe que existe cierta fracción del mismo que es resistente a la digestión enzimática, pasando inalterable a través del intestino delgado, para llegar al intestino grueso donde es fermentado por la microflora residente en el colon, este es llamado almidón resistente (Urooj y Puttraj, 1999; Osorio *et al.*, 2002).

En la Figura 24, se muestran los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de almidón resistente, determinado para las diferentes harinas y almidón nativo en estudio, observándose que la harina secada a 85°C x 180 min

fue la que presentó el mayor contenido de almidón resistente (27,64%). Siendo este valor un poco atípico, debido a que esta mostró mayor digestibilidad. En cuanto al contenido de almidón resistente del resto de las harinas, se puede notar que no existe diferencia significativa por lo que se puede decir que la temperatura y tiempo de secado no influye en el contenido de almidón resistente.

El almidón nativo presenta un contenido de almidón resistente de 24,28% y las harinas se encuentran entre 22,31 y 27,64%, lo cual es similar a lo reportado por Soto (2010) para harina de plátano y de cambur (21,06 y 24,82%); e inferior a lo reportado por Aparicio (2005) para almidón de plátano (38%).

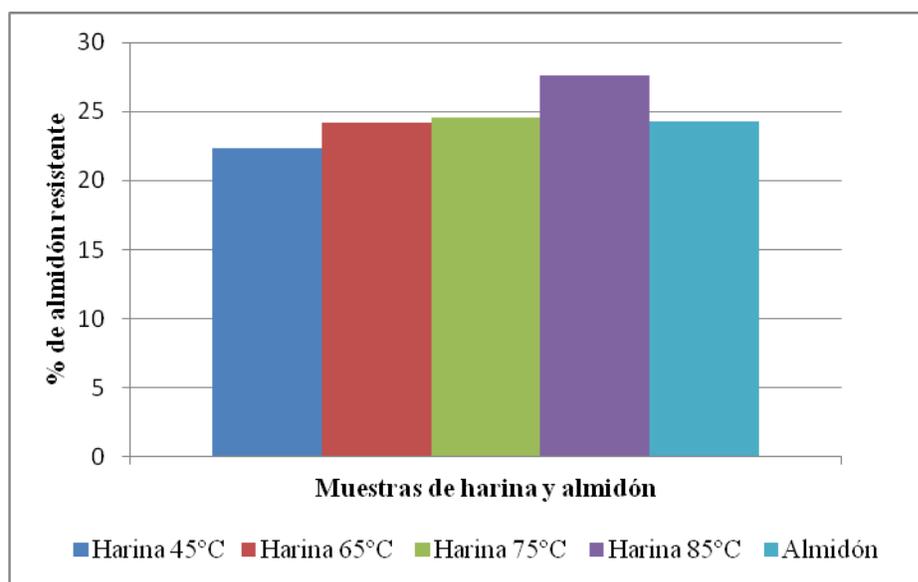


Figura 24. Contenido de almidon resistente en las harinas y almidon nativo de cambur Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s

4.6.3 Digestibilidad de la proteína.

La digestibilidad de la proteína es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas, debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma proporción (Church y Pond, 1990). Es un parámetro de gran importancia que permite determinar la cantidad de proteína

cruda presente en el alimento, realmente digerida a través de las enzima pepsina (FAO, 1994).

En la Figura 25, se observan los resultados de digestibilidad de la proteína para las harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish, donde se puede notar que la harina deshidratada a 65°C x 240 min es la que presentó mayor contenido de proteínas digeribles (19,17%) mediante la enzima pepsina, mientras que el porcentaje de digestibilidad en el resto de las harinas evaluadas se encontró entre 10,64 y 15,67%. Lo que indica que la digestibilidad de la proteína se ve afectada por la temperatura de secado de las harinas.

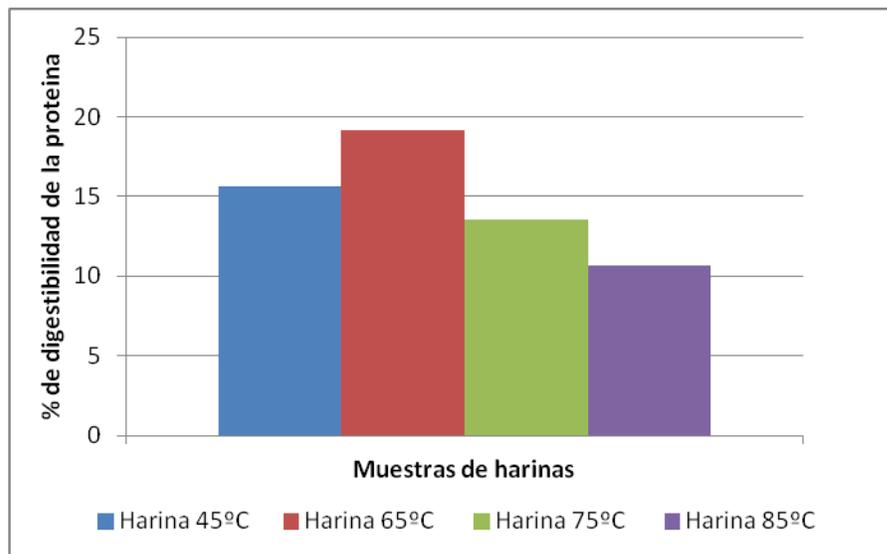


Figura 25. Digestibilidad de la proteína, determinada en porcentaje para las harinas y almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

4.7 Formulación y evaluación de producto.

Con la finalidad de diseñar un producto alimenticio que sea de color, aroma y sabor agradable y con buenas propiedades nutricionales se ha decidido desarrollar una torta y un pudin de chocolate, utilizando la harina y el almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, respectivamente.

4.7.1 *Formulación de la torta*

Se realizaron una serie de pruebas hasta obtener la mejor formulación, para ello se tomó en consideración la receta para la elaboración de tortas a partir de harina de trigo. En la formulación de las tortas con las harinas de cambur estudiadas en el presente trabajo, la cual se muestra en la Tabla N° 17, se conservó la misma cantidad de los ingredientes, variando sólo el tipo de harina de cambur (deshidratada a 45, 65, 75 y 85°C).

Tabla N° 17. Formulación de un pudín de chocolate a partir de almidón de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

Ingredientes	Proporción
Harina de cambur (%)	16,40
Azúcar (%)	25,40
Cacao en polvo (%)	6,50
Leche (%)	32,00
Huevo (%)	3,30
Aceite (%)	16,40

4.7.2 *Formulación del pudin*

Se realizaron una serie de pruebas preliminares, para determinar la concentración de almidón nativo de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s más apropiada para el desarrollo de un pudín similar a la de una muestra de pudín comercial; para lo cual primero se evaluó el pudin comercial en cuanto a la proporción necesaria de la mezcla deshidratada en un determinado volumen de leche, observándose que estas muestras requerían aproximadamente 75g de mezcla en polvo por cada 375ml de leche. Por otro lado, también se llevó a cabo la elaboración de una receta de pudin con almidón de maíz (maicena), en la que se observó que por cada 42g de almidón de maíz se requerían 625ml de leche.

Seguidamente, se inicio la preparación del pudin, determinando la formulación más adecuada al emplear diferentes proporciones de cada uno de los ingredientes necesarios para la elaboración de la mezcla en polvo para pudín, entre

los cuales se encontraban: almidón nativo de cambur, azúcar y cacao en polvo. Obteniéndose finalmente la formulación mostrada en la Tabla N°18.

Tabla N° 18. Formulación de un pudín de chocolate a partir de almidón de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

Ingredientes	Proporción
Almidón nativo (%)	5
Azúcar (%)	4,2
Cacao en polvo (%)	1,5
Leche (%)	85,5

4.7.3 *Estabilidad de las tortas de chocolate, elaboradas a partir de las harinas de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s obtenidas a diferentes temperaturas y tiempo de secado.*

Se estudió la estabilidad de las tortas elaboradas a partir de las harinas por un período de 15 días para poder determinar la existencia o no, de diferencias estadísticamente significativas para una misma muestra a través del tiempo, y entre muestras para un tiempo de evaluación dado, para lo cual se efectuaron mediciones de humedad, pH, acidez titulable y textura cada 2 días, lográndose la evaluación sólo a los 1 y 4 días de almacenamiento, debido a que el día 7 las tortas se encontraban en estado de deterioro.

Humedad

En la Tabla N° 19, se puede apreciar que la humedad de las tortas no presenta diferencias estadísticamente significativas en el día 1 de almacenamiento, mientras que en el día 4 si existe diferencia de humedad entre las mismas, siendo la torta elaborada a 85°C la que presentó menor contenido de humedad respecto al resto de las tortas para este día.

Entre el día 1 y 4 de almacenamiento, la humedad de las tortas aumenta de forma leve a medida que transcurre el tiempo. Este comportamiento puede atribuirse al tipo de empaque empleado y sellado sin vacío.

Tabla N° 19. Contenido de humedad de las tortas elaboradas a partir de las diferentes harinas de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, evaluado durante los días 1 y 4 de almacenamiento.

	Día 1	Día 4
Torta	% Humedad	% Humedad
Harina 45°C	30,26±0,10a	31,05±0,10a
Harina 65°C	29,64±0,10a	30,41±0,10ab
Harina 75°C	28,39±0,10a	31,13±0,10a
Harina 85°C	29,06±0,10a	29,65±0,10b

☺ *pH y Acidez titulable*

En cuanto al pH se observa en la Tabla N° 20, que existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, tanto en el día 1 como en el día 4, que oscila alrededor del pH neutro. Por otro lado, el comportamiento del pH a través del tiempo de estudio manifestó valores de pH entre 6,95 y 7,35 en el día 1 y entre 6,90 y 7,20 para el día 4, notándose que al transcurrir el tiempo de almacenamiento la variación de pH fue mínima, garantizándose un tiempo de almacenamiento para las tortas de 4 días, a temperatura ambiente.

En lo que respecta a la acidez titulable (Tabla N° 20), se nota para el día 1 que entre muestras existe diferencias significativas ubicándose en dos grupos: (a) comprendido por las tortas elaboradas a partir de las harinas deshidratadas a 85 °C x 180 min, 75° C x 180 min y 65°C x 240 min, siendo esta última estadísticamente similar a la torta elaborada con la harina obtenida a 45°C x 380 min que se ubica en el grupo (b), mientras que en el día 4 el comportamiento de la acidez titulable es similar en todas las formulaciones. En relación a la variable, se observa que la acidez titulable varía de 1,52 a 1,82meq NaOH/100g para el día 1 mientras que

para el día 4 la variación va de 1,22 a 1,42meq NaOH/100g observándose una disminución de esta con el tiempo.

Tabla N° 20. pH y acidez titulable de las tortas elaboradas a partir de las diferentes harinas de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, evaluados durante los días 1 y 4 de almacenamiento.

Torta	Día 1		Día 4	
	pH	Acidez titulable	pH	Acidez titulable
Harina 45°C	7,35±0,01a	1,52±0,10b	7,20±0,01a	1,12±0,10a
Harina 65°C	7,20±0,01ab	1,62±0,10ab	7,20±0,01a	1,22±0,10a
Harina 75°C	7,05±0,01bc	1,82±0,10a	6,90±0,01b	1,42±0,10a
Harina 85°C	6,95±0,01c	1,82±0,10a	6,95±0,01b	1,32±0,10a

Textura

En la Tabla N° 21, se reportan los valores de textura de las tortas, expresada como Kgf de penetración. El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia de 5%, entre cada uno de los tratamientos bajo estudio en el día 1, mientras que para el día 4, si se observan diferencias y se clasifican en 3 grupos : el grupo (a) correspondiente a torta elaborada con harina a 45°C x 380 min con (173Kgf de penetración), el grupo (b) en la que se usa la harina de 65°C x 240 min con (154Kgf de penetración) y el grupo (c) en el cual se ubican las tortas de harina a 75 y 85°C x 180 min (139 y 137Kgf de penetración) ya que entre estas no existen diferencias estadísticamente significativas.

Al comparar la textura del día 1 con respecto a la del día 4, se nota que las tortas elaboradas a partir de las harinas obtenidas a 45 °C x 380 min y 65°C x 240 min se tornaron menos suaves en el primer día, ya que los Kgf de penetración aumentaron para el día cuatro, mientras que las tortas de harinas deshidratadas a 75°C y 85°C x 180 min, mantuvieron su textura igual en ambos días.

Tabla N° 21. Textura de las tortas elaboradas a partir de las diferentes harinas de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, evaluada durante los días 1 y 4 de almacenamiento.

	Día 1	Día 4
Torta	Textura	Textura
Harina 45°C	150a	173a
Harina 65°C	136a	154b
Harina 75°C	137a	139c
Harina 85°C	134a	134c

4.7.4 Estabilidad del pudin de chocolate a partir de almidón nativo de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

Se estudió la estabilidad del pudin elaborado a partir del almidón nativo de cambur, se evaluó por un período de 8 días, efectuando mediciones de pH, acidez titulable y °Brix, a los 1, 2, 3, 4 y 8 días de haber elaborado los productos, debido a que después del día 8 el pudin comenzó a presentar sinéresis.

pH, acidez titulable y °Brix

En la Tabla N° 22, se puede apreciar que los valores de pH, acidez titulable y °Brix de los pudines de chocolates almacenados a temperatura de refrigeración al transcurrir el tiempo de almacenamiento el pH no manifestaron variación, por lo que se dice que el pudin estudiado presenta estabilidad al ser almacenado a temperatura de refrigeración.

En cuanto a la acidez titulable expresada en mgNaOH/100g de muestra se observa que esta presenta un comportamiento decreciente con el pasar del tiempo oscilando los valores de 1,32 a 1,62 mgNaOH/100g, los cuales al compararlos con los valores del pudin comercial (Tabla N° 23) se observa que este es superior, mientras que los resultados de pH y °Brix son similares.

Los valores de °Brix del pudin oscilaron entre 24 y 26,5 durante el tiempo de estudio, lo que permite decir que este parámetro permanece prácticamente

invariable con el tiempo, lo cual lo hace un factor importante a la hora de comercializar el producto.

Tabla N° 22. pH, acidez titulable y °Brix del pudin de chocolate elaborado a partir del almidón nativo de cambur verde Musa AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, evaluado desde el día 1 al día 8 de almacenamiento.

	Parámetros		
Tiempo	pH	Acidez titulable mgNaOH/100g	°Brix
Día 1	7,00±0,01	1,62±0,1	24,0±0,5
Día 2	7,00±0,01	1,62±0,1	26,5±0,5
Día 3	7,00±0,01	1,52±0,1	26,0±0,5
Día 4	7,00±0,01	1,52±0,1	26,5±0,5
Día5	7,00±0,01	1,32±0,1	24,5±0,5
Día 8	6,90±0,01	1,32±0,1	24,5±0,5

Tabla N° 23. pH, acidez titulable y °Brix del pudin comercial evaluado el primer día de su elaboración

	Parámetros		
Tiempo	pH	Acidez titulable	°Brix
Día 1	7,00±0,01	1,01±0,10	24,0±0,5

4.8 Evaluación sensorial

En la Tabla N°24, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las cuatro tortas en estudio. En dicha tabla, se indican los promedios obtenidos de los valores determinados para cada uno de los atributos sensoriales evaluados.

Se observa en la Tabla N° 24, que en los atributos sensoriales se presentaron diferencias en la preferencia de las tortas, ya que para ellos la torta de

mayor preferencia fue la elaborada a partir de harina obtenida a 85°C x 180 min; mientras que la torta de harina a 45°C x 380 min, tuvo menor aceptación en todos los atributos sensoriales. Por su parte las tortas elaboradas con harina sometida a las condiciones de 65°C x 240 min y 75°C x 180 min, se ubicaron en el segundo y tercer lugar de preferencia.

En la Tabla N° 25, se muestran los resultados obtenidos para la evaluación sensorial de un pudín de chocolate realizado a partir del almidón nativo en estudio, donde el 100% de aceptabilidad del producto está representado por el valor 2,70, de esta manera se puede decir que el pudín evaluado arrojó un 80% de preferencia en cuanto al color y olor, 79% en lo que respecta al sabor, 81% la textura y 77% la apariencia global, lo cual significa que el producto es competitivo a nivel comercial con un 80% de aceptabilidad por el consumidor.

Tabla N° 24. Evaluación sensorial de las tortas elaboradas a partir de las harinas de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s, obtenidas a partir de diferentes temperaturas y tiempos de secado.

Torta	ATRIBUTOS SENSORIALES				
	Color	Olor	Sabor	Textura	APG
Harina 45°C x 380min	2,22d	1,87d	1,98d	2,01d	2,16d
Harina 65°C x 240 min	2,51b	2,47c	2,22c	2,31c	2,37c
Harina 75°C x 180 min	2,47c	2,74b	2,84b	2,69b	2,69b
Harina 85°C x 180 min	2,80a	2,92a	2,96a	2,99a	2,79a

Tabla N° 25. Evaluación sensorial del pudín de chocolate elaborado a partir de almidón nativo de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish ‘William’s.

Muestra	ATRIBUTOS SENSORIALES				
	Color	Olor	Sabor	Textura	APG
Pudín	2,18	2,15	2,36	2,34	2,33

LOGROS DE LA TESIS

Con la realización de este trabajo de investigación también de logro la elaboración de una hoja de Excel para la realización de los cálculos necesarios de cada método utilizado, además se comprobó el uso de las diferentes harinas en la elaboración de alimentos como tortas, panquecas, albóndigas, pollo empanizado y tetero; se utilizó el almidón para la elaboración de pudín y se experimento su uso como espesante en salsa para carne. Por otro lado con el residuo (bagazo) que se obtuvo en la extracción del almidón, se experimento la elaboración de galletas tipo galletas de casabe y el desecho obtenido en los diferentes procesos de elaboración de harinas y almidón nativo, fue utilizado para la alimentación de animales.

CONCLUSIONES

Las curvas de secado permitieron establecer el tiempo requerido para alcanzar el punto de equilibrio durante el proceso de deshidratación de las muestras de cambur, oscilando entre desde 180 a 380 minutos.

El rendimiento promedio de las harinas fue de 26,61% y del almidón de un 9%, aproximadamente.

El almidón nativo presentó mayor tendencia hacia el color blanco que las harinas; además a medida que aumenta la temperatura de deshidratación de la harina menor es el índice de luminosidad.

La composición química de las harinas y almidón en estudio, reveló un elevado contenido de almidón de 66,47 y 80,90% respectivamente y bajos contenidos de cenizas, grasas, azúcares reductores y totales.

Las cenizas, proteína cruda, grasa cruda, azúcares y polifenoles, de las harinas en estudio se ven afectadas por el efecto de la temperatura

El poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad en agua disminuyen con el aumento de la temperatura de secado, mientras que la capacidad de retención de agua aumenta con el aumento de esta temperatura.

Las harinas y el almidón nativo presentan geles estables con baja tendencia a la sinéresis con un máximo poder de gelificación.

Tanto las harinas como el almidón nativo no son ideales como agentes espesantes en productos instantáneos ni en productos que requieran congelación.

Las harinas y el almidón nativo de cambur Musa AAA Subgrupo Cavendish William's pueden ser utilizados en alimentos que no requieran transparencia y en procesos que requieran agitación por periodos prolongados.

En las propiedades nutricionales, la digestibilidad "in vitro" del almidón y la digestibilidad de la proteína se ve afectada por la temperatura.

El contenido de almidón resistente en las harinas y almidón estudiados no se ve afectado por la temperatura, el cual presenta valores de 23,31 27,64% en las harinas y 24,28% para el almidón.

Las tortas elaboradas con las diferentes harinas, mantuvieron su estabilidad en el tiempo, siendo la harina obtenida a 85°C x 180 min, la que presentó menos cambios con el tiempo.

El pudín se comportó de forma similar al pudin comercial y se mantuvo estable en el tiempo.

En la evaluación sensorial de las tortas de harina cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish William's , los panelistas prefirieron la torta elaborada con harina deshidratada a 85°C x 180 min.

El pudín de almidón de cambur verde *Musa* AAA Subgrupo Cavendish William's obtuvo una aceptación por los panelistas de 80%, aproximadamente en la evaluación sensorial.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio de las características proximales, funcionales y nutricionales de la harina y almidón de musáceas, para así explotar los recursos de esta materia prima autóctona.
- Realizar modificaciones físicas y químicas del almidón, con la finalidad de determinar sus propiedades funcionales para recomendar su uso en la industria de alimentos.
- Realizar la continuidad a este estudio en cuanto al efecto de la temperatura y tipo de corte para determinar si hay o no consecuencias.
- Estimular la producción a escala semi-industrial e industrial de las harinas y almidones procedentes de musáceas, con la finalidad de incrementar la producción nacional, y diversificar el uso que puede darse este rubro autóctono.
- Estudiar la factibilidad económica de la obtención de otros productos a partir de harina y almidón de musáceas, con el fin de proponer su desarrollo a nivel semi-industrial e industrial, en busca de incrementar la producción nacional y diversificar los productos que a partir de estos pueden obtenerse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, N. 2011. **Efecto de algunas modificaciones físicas y químicas sobre las propiedades funcionales y nutricionales del almidón de ñame (*Discorea alata*)**. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- Adebowale , K; Olu-Owolabi, B; Olawumi, E; Lawal, O. 2005. **Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch**. Industrial and Crops Products 21:343-351.
- Adebowale, K. y Lawal, O. 2003. **Functional properties and retrogradation behaviour of native and chemically modified starch of mucuna bean (*Mucuna pruriens*)**. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 1541-1546.
- Aguirre, C. 2007. **Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) y su efecto en el contenido de fibra dietética**.
- Aht-Ong, D. y Charoenkongthum, K. (2002). **Thermal properties and Moisture Absorption of LDPE/Banana Starch Biocomposite Films**. Journal of metals, materials and minerals.12 (1) 1-10.
- Alarcón F.; Dufour, D. 1998. **Almidón agrio de yuca en Colombia: Producción y recomendaciones**. Colombia. 35p.
- Alemán, S. 2009.**Propiedades químicas y funcionales dl almidón de topocho (*Musa ABB*). Uso en geles de mora (*Rubus Glaucus Benth*)**. Trabajo de grado (Maestría). Universidad Central de Venezuela. 181p
- Alonso, F.; Apraíz, M.; Balas, A.; Bravo, C.; Cano, A.; Fernández, C.; Garcia, M. 2001. **Manual del celiaco. Primera edición. Federación Asociaciones de Celiacos de España (F.A.C.E.)**. Madrid. España.
- Alvis, A; Velez, C; Villada, H; Mendoza, R. 2008. **Análisis físico químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas**. Información Tecnológica 19(1): 19-28.
- Amani, N.; Kamenan, A.; Rolland-Sabate, A. y Colonna, P. 2005. **Stability of yam starch gels during processing**. African Journal of Biotechnology 4 (1): 94-101.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. Editorial AACC, St. Paul, USA.
- Ames, B.; Shigena, M.; Hagen, T. 1993. **Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging**. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.
- Anderson, R. 1982. **Water Absorption and solubility and amylographic characteristic of roll cooked small grain product**. Cereal Chemistry 59:265-269.
- Aparicio-Saguilan, A., Flores-Huicochea, E., Tovar, J., Garcia-Suarez, F., Gutierrez-Meráz, F.; Bello-Pérez, L.A. (2005).**Resistant starch-rich**

- powders prepared by autoclaving of native and lichenized banana starch: partial characterization.** *Starch/Stärke*, 57: 405-412.
- Araujo, C.; Rincón, A. Y Padilla, F. 2004. **Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L.** *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 54(2):241-244.
- Araya, M. 2001. **Enfermedad celíaca. Pediatría práctica en diálogos.** Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires. 756.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Washington, DC, USA.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1997. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Washington, DC, USA.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Washington, DC, USA.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Washington, DC, USA.
- Atwell, W.; Hood, D.; Lineback, D.; Varriano, E.; Zobel, H. 1988. **The terminology and methodology associated with basic starch.** *Cereal Food World* 33 (3): 306-311.
- Belalcázar, S. 1991. **El cultivo del plátano en el trópico.** Manual de asistencia técnica N° 50. INIBAP. CIID. ICA. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 376 p.
- Beleia, A.; Butarelo, S.; Silva, R. 2006. **Modeling of starch gelatinization during cooking of cassava (*Manihot esculenta* Crantz).** *Food Science and Technology* 39: 400-405.
- Belitz, H. y Grosch, W. 1985. **Química de Alimentos.** Editorial Acirbia, España.
- Bello, L.; Contreras, S.; Jiménez, A.; Paredes, O. 2000a. **Acetylation and characterization of banana (*Musa paradisiaca* L) starch.** *Acta científica Venezolana*. 51: 143-149.
- Bello-Pérez, L. A., K. Meza-León, S. Contreras-Ramos, y Paredes-López, O. 2001. **Functional properties of corn, banana and potato starch blends.** *Acta Cient. Venez.* 52: 62-67.
- Bello-Pérez, L. A.; Agama-Acevedo, E.; Osorio-Díaz, P.; Utrilla-Coello, R. G.; García-Suárez, F. J. 2011. **Banana and Mango Flours.** 235-245 p.
- Bello-Pérez, L., González-Soto, R., Sánchez-Rivera, M., Gutiérrez-Meraz, F., Vargas-Torres, A. 2006. **Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidón resistente.** *Agrociencia* 40: 441-448.
- Bello-Pérez, L.; Contreras, S.; Romero, R.; Solorza, J.; Jiménez, A. (2002a) **Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca* L. var. Macho).** *Agrociencia* 36: 169-180.

- Bello-Pérez, L.; Osorio-Díaz, P.; Agama-Acevedo³, E.; Núñez-Santiago, C.; Paredes-López, O. 2002b. **Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado**. *Agrociencia* 36: 319-328.
- Bello-Pérez, L.; Sámayo-Ayerdi, S.; Villagómez-Méndez, J.; Montiel-Salas, L. 2000b. **Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas**. *Agrociencia* 34: 553-560.
- Bersh, A. 2011. **Determinación de las características fisicoquímicas y funcionales de harinas y almidones nativos, obtenidos a partir de frutos de cambur, híbridos FHIA-18 (*Musa* AAAB) e ibota (*Musa* AAA)**. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- Bowler, P.; Williams, M. y Angold, R. 1980. **A hypothesis for the morphological changes which occur on heating lenticular wheat starch in water**. *Starch / Stärke* 33: 186-189.
- Bressani, R.; Turcios, J.; Reyes, L.; Mérida, R. 2001. **Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central**. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Caracas. 51(3)
- Bryant, C; Hamaker, B. 1997. **Effect of time on gelatinization of corn flour and starch**. *Cereal Chemistry* 74: 171-175.
- Cabrera, A.; Madrigal, L.; Vazquez, J.; 2007. **Extracción y caracterización química del almidón de plátano y banano de las variedades FHIA- 01, 20, 21 y 23**. Documento IX Congreso de Ciencia de Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Colima. 306-314p.
- Calaveras, J. 2004. **Nuevo Tratado de Panificación y Bollería**. 2da edición. Editorial Mundi-Prensa. España. 53-111.
- Carranza, J. y Sánchez M. 2002. **Cinética de Secado de *Musa paradisiaca* L. “plátano” y *Manihot esculenta* Grantz “yuca”**. *Revista Amazonica de Investigacion Alimentaria*. 2(1): 15-25.
- Cartay, R. 1997. **El mercado mundial del banano**. *Revistas de la Facultad de Agronomía (luz)*. 14: 3-20. Maracaibo, Venezuela.
- Catassi, C. 2003. **El mapa mundial de la enfermedad celiaca**. *Acta Gastroenterol Latinoamer*. 35:46-55.
- Champion, J. 1963. **Le bananier**. G. P. Maisonneuve et Larose. París. 263 p.
- Chaparro, L.; Palmero, J.; Garcí, T.; Terán, Y. (2011) **Curvas de deshidratación del apio (*Arracacia xanthorrhiza*) y auyama (*Curcubita maxima*) y su efecto sobre las propiedades funcionales**. *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ)*. 28: 205-222.
- Chen, J. y Jane, J. 1994. **Preparation of granular cold-water-soluble starches prepared by alcoholic alkaline treatment**. *Cereal Chemistry* 71: 618-622.
- Chen, Y. y Lin, K. 2007. **Effects of heating temperature on the total phenolic compound, antioxidative ability and the stability of dioscorin of various yam cultivars**. *International Journal of Food Science and Technology*: 23-37.

- Choi, S. Y Kerr, W. 2004. **Swelling characteristics of native and chemically modified wheat starches as a function of heating temperature and time.** *Starch / Stärke* 56: 181-189.
- Church, D. y Pond, W. 1990. **Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.** Ed. Limusa. Mexico. 51-60p.
- Colonna, P.; Doublier, J.; Melcion, J.; Monredon, F. Y Mercier, C. 1984. **Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. Physical and macromolecular modifications.** *Cereal Chemistry* 61: 538-543.
- Cooke, D. y Gidley, M. 1992. **Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: origin of the enthalpic transition.** *Carbohydrate research*, 227(1), 103-112
- Coronel, N. 2011. **Sustitución parcial de la harina precocida de maíz (*Zea mays*) por harinas precocidas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*) para la elaboración de arepas.** Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- Coultate, P. 1998. **Química y Bioquímica de Alimentos.** Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- COVENIN. 1985. **Harina de arroz.** N° 2300-85. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas. Venezuela
- Cruchet, M.; Sylvia, P.; Verbeke, P. 2003. **Dieta libre de gluten y disminución del riesgo de asociación de enfermedades autoinmunes en el paciente celíaco.** *Rev. Chil. Nutr.* 30(2):102-105.
- Cummins, J. y Englyst, H. 1995. **Gastrointestinal effects of food carbohydrate.** *American Journal of Clinical Nutrition* 61: 938S-945S.
- Da Mota, R; Lajolo, F; Ciacco, C; Cordenunsi, B. 2000. **Composition and functional properties of banana flour from different varieties.** *Starch/Starke* 52: 63-68.
- Daramola, B. y Osanyinlusi, S. 2005. **Production, characterization and application of banana (*Musa spp*) flour in whole maize.** *African Journal of Biotechnology* 5 (10)992-995.
- De la Torre-Gutiérrez, L.; Chel-Guerrero, L. y Betancur-Ancona D. **Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch.** 2008. *Journal Food Chemistry.* 106(3): 1138-1144.
- Dubois, M.; Gilles, K.; Hamilton, J.; Rebers, P.; Smith F. 1956. **Colorimetric method for determination of sugars and related substances.** *Analytical Chemical.* 28: 350-356.
- Durán, J.; Morales, M.; Yusti, R. 2005. **Formulación para la obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca, variedad MBRA 383.** *Revista Científica Guillermo de Ockham.* 3(2) 127-133.
- Eastman, J. y Moore, O. 1984. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition.** U.S. Patent 4465702.
- Elliot, R.; Heward, G. 1976. **The effect of banana-supplemented diet on gastric ulcer in mice.** *Pharmacological Research Communications* 8, 167-171.

- Englyst, H. Y Cummins, J. 1987. **Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man.** American Journal of Clinical Nutrition 44: 423-431.
- Englyst, H.; Kingman, S. Y Cummings, J. 1992. **Classification and measurement of nutritionally important starch fractions.** European Journal of Clinical Nutrition 46(2): 33-50.
- FAO. 2004. **La economía mundial del banano 1985-2002.** Estudios FAO Productos Básicos 1. Roma. Edit. P. Arias; C. Dankers; P. Liu; P. Pilkauskas. <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s09.htm#TopOfPage>.
- FAOSTAT. 2009. **Data base from Food and Agriculture Organization.** Of the United Nations.
- Farhat, I.; Protzmann, J.; Becker, A.; Vallès-Pàmies, B.; Neale, R. y Hill, S. 2001. **Effect of the extent of conversion and retrogradation on the digestibility of potato starch.** Starch / Stärke 53: 431-436.
- Fito, P.; Albers, A.; Grau, A., Barat, J. 2001. **Introducción al secado de alimentos por aire caliente.** Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 202p.
- Flores, E.; Garcia, F.; Huicochea, E.; Nuñez, A.; Gonzalez, R; Bello, L. 2004. **Rendimiento del proceso de extracción del almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*).** Estudio en la planta piloto. Acta científica venezolana 55: 86-90.
- Freitas, R.; Paula, R.; Feitosa, J.; Rocha, S. y Sierakowski, M. 2004. **Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches.** Carbohydrate Polymers 55: 3-8.
- Gallant, B.; Bewa, H.; Buy, Q.; Bouchet, B.; Szylit, O. y Sealy, L. 1982. **On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches.** Starch / Stärke 8: 255-262.
- Gallant, O.; Bouchet, B. Y Buleon, A. y Perez, S. 1992. **Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation.** European Journal of Clinical Nutrition. 46: 3S-16S.
- García, A.; Jimenez, A.; Martin, N.; Bravo, L.; Saura, F. 1999. **Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch.** Food chemistry 66: 181-187.
- García, T.; Chaparro, L; Duran, L; avila, E; Barrios, B. 2007. **Efecto del etefon (ethrel) y el tiempo del almacenamiento sobre la maduración del plátano (*Musa AAB cv Harton*) bajo refrigeración.** Bioagro 19(2): 91-98.
- García, V.; Colonna, P.; Bouchet, B. y Gallant, D. 1997. **Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents.** Starch / Stärke 49: 171-179.
- Gey, K. 1990. **The antioxidant hypothesis of cardiovascular disease: epidemiology and mechanisms.** Biochemical Society 18: 1041-1045.
- Giese, K. 1995. **Measuring physical properties of foods.** Food technology 49(2): 54-63.
- Gonzalez, O., Pacheco, E. 2006. **Propiedades físicas y reológicas de la harina de banana verde (*Musa AAA*) en la elaboración de geles de piña (*Ananas***

- comosus* L. Merr.). Revista de la Facultad de Agronomía (UCV). 32(1): 27-40. Maracay, Venezuela. www.scielo.org.ve (23/05/2011).
- González, R.; Mora, R.; Hernández, H.; Sánchez, M. Y Bello-Pérez, L. 2007. **The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranched banana starch.** Food Research International 40: 304-310.
- Gonzalez, Z. 1997. **Evaluación de almidones de arroz y trigo modificados por métodos químicos: acetilación y oxidación.** Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- Goñi, I., García-Díaz L, Mañas E, Saura-Calixto F. 1996. **Análisis de almidón resistente: un método para alimentos y productos alimenticios.** Revista de Química Alimenticia. 56: 445-449.
- Guraya, H.; James, Ch. y Champagne, E. 2001. **Effect of enzyme concentration and storage temperatura on the formation of slowly digestible starch from cooked debranched rice starch.** Starch / Stärke 53: 131-139.
- Happi, B; Prado, A; Bernard, A; Tchango, B; Paquot A. 2007. **Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels.** Food Chemistry 103: 590-60.
- Hernández, J.; Pérez, G.; Méndez, G.; Bello-Pérez, L. y Solorza, J. 2004. **Thermal and viscoelastic properties of starch isolated from mexican corn hybrids.** Acta Científica Venezolana 55: 276-287.
- Hernández, O; Emaldi, U; Tovar, T. 2008. **In vitro digestibility of edible films from various starch sources.** Carbohydrate Polymers 71: 648-655.
- Holm, J.; Björck, I.; Asp, N., Sjöberg, L.; Y Lundquist, I. 1985. **Starch availability in vitro and in vivo after flaking, steam-cooking and popping in wheat.** Journal of Cereal Science 115: 93-103.
- Holm, J.; Lundquist, I.; Björck, I.; Eliasson, A. Y Asp, N. 1988. **Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats.** The American Journal of Clinical Nutrition 47: 1010-1016.
- Hoover, R. 2001. **Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review.,** Carbohydrate polymers. 45(3): 253- 267.
- Hou, W.; Lee, M.; Chen, H.; Liang, W.; Han, C.; Liu, Y. y Lin, Y. 2001. **Antioxidant activities of Dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea spp.*) tuber.** Journal of Agriculture and Food Chemistry 49: 4956-4960.
- Hsu, C.; Hurang, S.; Chen, W.; Weng, Y. Y Tseng, C. 2004. **Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation.** International Journal of Food Science and Technology 39: 231-238.
- Hsu, W.; Savak, D.; Satterlee, I.; Millar, G. 1977. **A multienzyme technique for stimating protein digestibility.** J. Food Sci. 42 (5): 1269-1273.
- Hung, P. y Morita, N. 2005. **Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked starch from A-type and B-type wheat starch granules-Review.** Carbohydrate Polymers 59: 239-246.

- Hunter Lab. Manual. 2001. **Hunter Associates Laboratory Universal Software.** Version 3.8. ISO 9001 Certified. EUA.
- Ibarz, A.; Barbosa-Canavas, G. 2005. **Operaciones Unitarias de Ingeniería de Alimentos.** Editorial Mundo-Prensa. España. 583-720.
- Imberty, A. y Pérez, E. 1988. **A revise to three- dimensional structure of B-type starch.** Biopolymers 27: 1205-1027.
- International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP). 1997. **Annual Report** 52-55.
- International starch institute (ISI). 2000. **Determination of viscosity of starch Brabender.** Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca. ISI 19-6e. Disponible en: <http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm> (15/02/2012).
- Ishiguro, 2000. **Retrogradation of potato starch.** Starch/Stärke 8(1): 12-18.
- Islas-Hernández, J.; Rodríguez-Ambriz, S.; Agama-Acevedo, E.; Pacheco, E.; Vargas, Bello-Pérez, L. 2007. **Evaluación de algunas propiedades químicas de un polvo rico en fibra preparado a partir de harina integral de plátano.** IX Congreso de ciencia de los alimentos y V foro de ciencia y tecnología de alimentos. Universidad de Guanajuato.
- Jacobs, H. y Delcour, J. 1998. **Hydrothermal modifications of granular starch with retention of the granular structure.** Journal of Agriculture and Food Chemistry 46: 2895-2905.
- Jacobson, M.; Obanni, M. y Bemiller, J. 1997. **Retrogradation of starches from different botanical sources.** Cereal Chemistry 74: 571-578.
- Jane, J. 2007. **Structure of starch granules.** Department of Food Science and Human Nutrition, Iowa State University. J. Appl. Glycosci, 54, 31-36.
- Jayakody, L; Hoover, R; Lui, Q; Donner, E. 2007. **Studies on tuber starches II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea spp.*) starches in Sri Lanka.** Carbohydrate Polimers 10: 1016-1023.
- Jayakody, L; Hoover, R; Lui, Q; Weber, E. 2005. **Studies on tuber and root starches I. Structure and physicochemical properties of innala (*Solenostemon rotundifolius*) starches grown in Sri Lanka.** Food Research international 38(6):615-629.
- Juárez, M.; Olano, A.; Morais, F. 2005. **Alimentos Funcionales.** Edición Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Madrid.
- Juliano, B. 1971. **A Simplified Assay for Milled Rice Amylose.** Cereal Science Today 16(10): 334-360.
- Kaluza W.; Mcgrath R, Roberts T, Shoroder H. 1980. **Separation of phenolics of sorghum bicolor.** J. Agric. Food Chem. 28: 1191-1196.
- Karim, A; Nadiha, M; Chen, F; Phuah, Y; Chui, Y; Fazilah, A. 2008. **Pasting and retrogradation properties of alkali- treated sago (Metroxylon sago) starch.** Food Hydrocoloide. 22: 1044-1053.
- Keetels, C.; Vliet, T. y Walstra, P. 1996. **Gelation and retrogradation of concentrated starch systems.** Food Hydrocolloids 10: 343-353.

- Kitamura, S.; Yoneda, S. y Tuge, T. 1984. **Study on the retrogradation of starch. I. Particle size and its distribution of amylose retrograded from aqueous solutions.** Carbohydrate Polymers 4: 127-136.
- Lawal, O. 2004. **Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch.** Food Chemistry 87:204-218.
- Leelavathi, K.; Indriani, D. y Sidhu, J. 1987. **Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches.** Starch / Stärke 39(11): 378-381.
- Lehmann, U.; Jacobasch, G.; Schmiedl, D. 2002. **Characterization of Resistant Starch Type III from Banana (*Musa acuminata*).** *J. Agric. Food Chem.* 50, 5236-5240.
- Lewandowicz, G; Jankowski, T; Fornal, J. 2000. **Effect of microwave radiation on physic-chemical properties and structure of cereal starches.** Carbohydrate Polymers 42:193-199.
- Lii, C; Chang, S; Young, Y. 1982. **Investigation of the physical and chemical properties of banana starches.** Journal of Food Science 47: 1493-1497.
- Liu, Q; Charlet, G; Yelle, S; Arul, J. 2002. **Phase transition in potato starch-water system I. Starch gelatinization at high moisture level.** Food Research International 35:397-407.
- Liu, Y; Octaviani, V; Zhou, W. 2008. **Effect of high pressure on some physicochemical properties of several native starches.** Journal of Food Engineering 88(1):126-136.
- Ly, J. 2004. **Composición química y palatabilidad de bananas y plátanos. Revista computarizada de producción porcina.** 11(3): 5-25. Punta brava , Cuba.
- Madrigal-Ambriz, L.V.; Alanís-Guzmán, M.G.; Justo-Bautista, M.; García D.C.L.; Vázquez Galindo, J.; Rodríguez-Pérez, M. A; Moreno, R. 2008. **Producción y Caracterización Físico-química de Harinas de Bananos FHIA-17, FHIA-23 y Plátano FHIA-20, para su incorporación en panificación.** Disponible en: www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/.../A048.pdf. (12/01/2012).
- Maldonado, R. y Pacheco, E. 2003. **Curvas de deshidratación del brócoli (*Brassica oleraceae* L var. *Italica Plenck*) y coliflor (*Brassica oleraceae* L var. *Botrytis* L).** Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 20:306-319.
- Mali, S.; Grossmann, M.; García, M.; Martino, M. y Zaritzky, N. 2005. **Mechanical and thermal properties of yam starch films.** Food Hydrocolloids 19: 157-164.
- Manzanilla, A. 2009. **Caracterización agronómica de clones de musáceas con niveles de resistencia a sigatoka negra en el municipio Veroes, Estado Yaracuy, Venezuela.** Agronomía Trop. (Venezuela) 59 (2):183-188
- Mazur, E.; Schoch, T. y Kite, F. 1957. **Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of the various starches.** Cereal Chemistry 59: 265-269.
- Mc Cready R Guggolz J, Silveira V, Owens H. 1950. **Determination of starch and amylose in vegetables: application to peas.** *Anal. Chem.* 22: 1156-1158.

- Meneses, J.; Corrales, C.; Valencia, M. 2007. **Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca**. Revista EIA, ISSN 1794-1237 (8).57-67. Colombia.
- Mera, I.; Hoyos, J.; Carrera, J.; Forero, C.; Velasco, R. 2002. **Caracterización enzimática de alfa-amilasa y glucoamilasa en la hidrólisis de almidón de yuca (manihot esculenta)**. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. 1(1).
- Miles, M.; Morris, V.; Orford, P. y Ring, S. 1984. **The roles of amylose and amylopectin in gelation and retrogradation of starch**. Carbohydrate Research 135: 271-281.
- Millán, C; Bello, L.; Méndez, G. 2004. **Aspectos estructurales y moleculares de los almidones de mango (*Mangifera indica* L.), Plátano (*Musa Paradisiaca*) y Okenia (*Okenia Hypogaea*)**.
- Ministerio de Agricultura y Tierra. 2006. **Dirección Estadística**. Noticiero Agropecuario.
- Ministerio del Poder Popular para Ciencia Tecnología e Innovación (MPPCTI). 2010. **Propiedades del cambur: Fruta predilecta en toda nutrición balanceada**. Páginas Amarillas CANTV. Disponible en: http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=4293:propiedades-del-cambur-la-fruta-predilecta-en-toda-nutricion-balanceada&catid=61:gastronomia&Itemid=84.
- Mohameed, H.; Abu, B. y Eassa, A. 2006. **Flow properties of corn starch milk sugar system prepared at 368,15 K**. Journal of Food Engineering 77(4): 958-964.
- Mondragon, M. 2004. **Estudio comparativo de cambios estructurales y funcionales en almidones de maíz nixtamalizado**. Trabajo de grado de doctor. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional.
- Mota, R.; Lajolo F., Ciacco C., Cordenunsi B. 2000. **Composition and Functional Properties of Banana Flour from Different Varieties**. Starch / Stärke 52 (2-3): 63-68.
- Nava, M. 1997. **El plátano. Su cultivo en Venezuela**. Ediciones Astra Data S.A. Maracaibo, Venezuela. 134p.
- Nelson-Somogyi, N. 1944. **A photometric adaption of the Somogyi method for the determination of glucose**. J. Biol. Chem.153:375-380.
- Njitang, Y. y Mbbofung, C. 2003. **Development of taro (*Colocassia esculenta*) flour as an ingredient for processing: effect of gelatinization and drying temperature on the drying kinetics and colour of flour**. Journal of Food Engineering 58: 259-265.
- Nkala, D.; Sibanda, S.; Tomasik, P. y Palasinski, M. 1994. **Isolation and properties of starch from wild yam from Zimbabwe**. Starch/Stärke 46: 85-88.
- Norma Venezolana COVENIN 217:2001 (4ta. Revisión) **Harina de trigo**.

- Nwokocha, L. M. y Williams, P. A. (2009). **Some Properties of White and Yellow Plantain (*Musa paradisiaca*, Normalis) starches.** Carbohydrate Polymers 76, 133-138.
- Olayide, S. 2004. **Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch.** Food Chemistry 87: 205-218.
- Ordoñez, J.; Cambero, M.; Fernandez, L.; Garcia, M.; Garcia, G.; De La Hoz, L.; Selgas, M. 1998. **Tecnología de los alimentos.** Componentes de los alimentos y proceso. Editorial Síntesis, Madrid.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. **FAOSTAT. Datos estadísticos de consumo calórico de los principales cultivos en Venezuela.** <http://faostat.fao.org/site/556/DesktopDefault.aspx?PageID=556>. (12/08/11).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1993. **La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha.** Disponible En: <http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S09.htm>. (15/12/2011).
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). 1994. **Control de calidad de insumos y dietas acuícolas.** Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S00.htm>.
- Ortega, F. y Eliasson, A. 2001. **Gelatinization and retrogradation behaviour of some starch mixtures.** Starch / Stärke 53: 520-529.
- Osorio, P.; Bello-Pérez, L.; Agama, E.; Vargas, A.; Tovar, J. y Paredes, L. 2002. **In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.).** Food Chemistry 78: 333-337.
- Pacheco E; Pérez, R; Schnell, M. 2004. **Evaluación nutricional y sensorial de polvos para bebidas a base de papaya, plátano verde y salvado de arroz, índice glucémico.** Interciencia 29(1): 46-51.
- Pacheco, E. 2001. **Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad in vitro del almidón.** Acta Científica Venezolana 52: 278-282.
- Pacheco, E. 2002. **Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa* spp.).** Rev. Fac. Agron. (Maracay) 28:175-183.
- Pacheco, E. y Techeira, N. 2009. **Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*Dioscorea alata*).** Interciencia. 34(4).
- Pacheco, E. y Testa, G. 2005. **Evaluación nutricional física y sensorial de panes de trigo y plátano verde.** Interciencia 30(5): 300-304.
- Pacheco, E.; Maldonado, R.; Pérez, E. Y Schroeder, M. 2008. **Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours.** Interciencia 33(4): 290-296.
- Pacheco, E; Sequera, B.; Herrera, I. 1998. **Plant starches and oils. Their influence on digestion in rats.** Journal of Science of Food and Agriculture 77: 381-386.

- Palomino, O.; Molina, Y.; Pérez, E. 2010. **Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott.** Rev. Fac. Agron. (UCV) 36 (2): 58-66.
- Penna, E.; Avendaño, P.; Soto, D.; Bunger, A. 2003. **Caracterización química y sensorial de bizcochuelos enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el anciano.** Artículos Latinoamericanos de Nutrición. 53 (1):74:82.
- Perez E, Schultz F, Pacheco E. 2005. **Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocasia esculenta* (taro).** Carbohydr. Polym. 60: 139-145.
- Pérez, E. 1997. **Characterization of starch isolated from plantain (*Musa paradisiaca* normales).** Satach/Stärke. 49(2): 45-49.
- Pérez, E. 2001. **Caracterización de harina y almidones obtenidos a partir de ocumo chino (*Colocasia esculenta*), batata (*Ipomoea batatas*) y ocumo criollo (*Xanthosoma sagittifolium*).** Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Pérez, E. y Pacheco, E. 2005. **Características químicas, físicas y reológicas de la harina de almidón nativo aislado de *Ipomea batata* LAM.** Acta Científica Venezolana. 56: 12-20.
- Peterson, C.; Johnson, V. Y Mattern, P. 1986. **Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat, flour, bran and grain.** Cereal Chemistry 63: 183-186.
- Pitchon, E.; O'rourke, J. y Joseph, T. 1981. **Process for cooking or gelatinizing materials.** U.S. Patent. 4: 280,851.
- Polanco, I. 1996. **Enfermedad Celiaca.** Primera edición, Editorial Prous, Barcelona. España.
- Potter, N. (1973). **Ciencia de los alimentos.** Primera edición. Editorial Harla. México.
- Praderes G.; García, A.; Pacheco, E. 2009. **Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio.** Rev. Fac. Agron. (UCV) 35(2): 79-84.
- Praderes G.; García, A.; Pacheco, E. 2010. **Caracterización físico-química y funcional de la harina de auyama (*Cucurbita maxima* L.) obtenida por secado en doble tambor rotatorio.** Rev. Fac. Agron. (UCV) 36 (2): 53-57.
- Prosky, L.; Asp, N.; Furda, I.; Devries J.; Schweizer, F.; Harland, F. 1984. **Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Interlaboratory Study.** J. Assoc. Anal. Chem. 67: 1044-1052.
- Quiñones, R., C. González Y D. Polanco. 2007. **Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química.** Zootecnia Tropical. 25 (1): 43-49.
- Rached, L.; Araujo de Vizcarrondo, C.; Rincón, A. y Padilla, F. 2006. **Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado.** Archivos Latinoamericanos de Nutrición 56(4).

- Radhika, K.; Subramanian, R; Zakiuddin, S; Bhattacharya, R. 1994. **Viscoelastic properties of rice-flour pastes and their relationship to amylase content and rice quality**. Cereal Chemistry 71(6):548-552.
- Rao, M.; Okechukwu, P.; Da Silva, P. y Oliveira, J. 1997. **Rheological behavior of heated starch dispersions in excess water: Role of starch granule**. Carbohydrate Polymers 33: 273-283.
- Rasper, V. 1980. **Theoretical aspects of amylographology in “The amylograph handbook”** Shuey W. C. y Tipples K. H. Eds. The American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota, USA.
- Ravindran, G. Y Wanasundera, J. 1992. **Chemical changes in yam tubers (*D. alata* and *D. esculenta*) during storage**. Tropical Science 35: 57-62.
- Rincón, A y Araujo, M. 2000. **Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*)**. ALAN. 50 (3): 26-29.
- Ring, S. 1985. **Some studies on starch gelation**. Starch / Stärke 37: 80-83.
- Robinson, J. y Galán, V. 2010. **Bananas and plantains**. 2da edición. Crop production science in horticulture: 19. 320p.
- Rochville, MD. 1990. **United States Pharmacopedia (USP) XXII**. United States Pharmacopedia convention.
- Rodriguez, D; Espitia, M.; Caicedo, Y.; Cordoba, Y.; Baena, Y.; Mora, C. 2005. **Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)**. Rev. Col. Cienc. Quim. Farm. 34(2), 140-146.
- Rodríguez, E., A. Fernández., L. Alonso Y B. Ospina. 2006. **Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca**. Ingeniería & Desarrollo. 19 (5):17-30.
- Rodríguez, L. y S. Silva. 2003. **Resistant starch and its physicochemical properties**. Revista de Nutrición, 16(2):219-226.
- Salazar y Marcano. 2005. **Evaluación de la harina de ñame (*Dioscorea alata*) como potencial ingrediente en la elaboración de productos de panadería**. V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos.
- Salinas, Y.; Herrera, J.; Castillo, J. y Pérez, P. 2003. **Cambios físico-químicos del almidón durante la nixtamalización del maíz en variedades con diferente dureza del grano**. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 53(2).
- Sandhu, K.; Kaur, M.; Singh, N. y Lim, S. 2008. **A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties**. LWT 41: 1000-1010.
- Sandoval, A; Farhat, I; Fernandez, A. 2007. **Comportamiento reologico de harinas y almidones de yuca (*manihot esculenta crantz*) durante un proceso de extrusión**. Revista de la facultad de química farmacéutica. 14(1): 6-15.
- Satin, M. 1998. **Functional properties of starches**. New York. Online: www.fao.org/ag/ags/agsi/starch41.htm.
- Scalbert A y Williamson G. 2000. **Dietary intake and bioavailability of polyphenols**. Journal Nutritional; 130:2109S-2114S.3.

- Schoch, T. 1964. **Swelling power and solubility of granular starches. In: Methods in carbohydrates chemistry.** Vol. IV Editorial Whistler RL, Academy Press, New York, USA.
- Scicolone, G. 2002. **Restauración de la Pintura Contemporánea.** Editorial NIREA. 180-182.
- Shujun, W.; Jinglin, Y.; Jiugao, Y.; Haixia, C.; Jiping, P.; Hongyan, L. 2007. **Partial characterization of starches from Dioscorea opposite Thunb. Cultivars.** Journal of Food Engineering XXX.
- Shujun, W.; Jinglin, Y.; Wen Yuan, G.; Hongyan, L. y Peigen, X. 2006. **New starches from traditional Chinese medicine (TCM) – Chinese yam (*Dioscorea opposite* Thunb.) cultivars.** Carbohydrate Research 341(2): 289-293.
- Simmonds, N. 1954. **A survey of the Cavendish group of banana.** Trop. Agriculture, Trin. 31: 126-130.
- Simmonds, N. 1966. **Bananas.** 2ª ed. Londres, Logmans. 512 p.
- Simmonds, N. y Shepherd K. 1955. **The taxonomy and origins of the cultivated bananas.** J. Linn. Soc. 5: 302-12.
- Singh, K. y Singh, N. 2007. **Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties.** Food Chemistry 101(4): 1499-1507.
- SINGH, K. y SINGH, N. 2007. **Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties.** Food Chemistry 101(4): 1499-1507.
- Smith, R.J. 1967. **Characterization and analysis of starches.** In Whistler, R.L. & Paschall, E. Starch: Chemistry and Technology. Vol II. Industrial Aspects. New York, Academia Press. 593p.
- Somogyi, M. 1952. **Note on sugar determination.** J. Biol. Chem. 195:19-25.
- Soto, V. 2010. **Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa Cavendish*) y banana verde (*Musa Paradisiaca*).** Revista Boliviana de Química. 27(2). Bolivia.
- Swinkels, J. 1996. J.M. **Industrial starch chemistry.** Properties, modifications and applications of starches. AVEBE, Veendam. 48p.
- Swinkles, J. 1985. **Composition and properties of commercial native starches.** Starch/Stärke 37:1-5.
- Swinkles, M. 1987. **Industrial starch chemistry:** Properties, modifications and applications of starches. AVEBE. The Netherlands.
- Techeira, N. 2009. **Formulación y evaluación de productos alimenticios dirigidos al adulto mayor, a base de almidones modificados y harina de ñame (*dioscorea alata*).** Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela 346p.
- Tester, R. y Morrison, W. 1990. **Swelling and gelatinization of cereal starches I. Effect of amylopectin, amylose and lipids.** Cereal Chemistry 73: 199-207.
- Tester, R.; Qi, X.; Karkalas, J. 2006. **Hydrolysis of native starches with amylases.** Review. Animal Feed Science and Technology, 130(1-2):39-54.

- Thomas, D. y Atwell, W. 1999. **Starch structure in: Starches**: Practical guide for the food industry. Eagan Press Handbook Serie St. Paul Mn. USA 1-12.
- Transagro Internacional S.A.C. **Tecnología en Alimentos Funcionales de Tubérculos y Raíces**. <http://www.almidones.org/alm/usuarios.htm>
- Tribess, T.B., Hernández-Uribe, J.; Méndez-Montevalvo, M.; Menezes, E.; Bello-Pérez, L.; Tadini, C. 2008. **Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions**. Journal of Food Science and Technology 42: 1022-1025.
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). 2005. Almidón y celulosa. http://docencia.izt.uam.mx/epa/quimi_alim/material_adicional/almidon_celulosa.pdf.
- Urooj, A. y Puttraj, S. 1999. **Digestibility index and factors affecting rate of starch digestion in vitro in conventional food preparation**. Starch 51(11): 430-435.
- Van Hung, P.; Maeda T.; Morita, N. 2006. **Waxy and high-amylose wheat starches and flours—characteristics, functionality and application**. Trends in Food Science & Technology. Volume 17, Issue 8
- Vergara, N.; Granados, E.; Agama, E.; Tovar, J.; Ruales, J.; Bello, L. 2007. **Fibre concentrate from mango fruit: Characterization associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient**. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 40: 722-729.
- Viloria, H. y Alcorcés, N. 2007. **Especies de Dioscorea comestibles presentes en el municipio Punceres del estado Monagas, Venezuela**. Revista de la Facultad de Agronomía LUZ 24 Suplemento 1: 244-248.
- Vinson Ja.; Hao Y.; Su X y Zubik L. 1998. **Phenolic antioxidant quantity and quality in foods: vegetables**. Journal Agric Food Chemistry. 46, 3630-3634.
- Viscarrondo, M. 2011. **Efecto de las diferentes temperaturas de secado y tipo de corte en la harina de ñame**. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- Waliszewski, K.; Aparicio, M.; Bello, L.; Monroy, J. 2002. **Changes of banana starch due to physical and chemical modifications**. *Carbohydrate Polymers* 20: 1-6. [http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper\(29/04/2011\)](http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper(29/04/2011)).
- Waliszewski, K.; Aparicio, M.; Bello-Pérez, L.; y Monroy, J. 2003. **Changes of banana starch by chemical and physical modification**. Carbohydrate polymers, 52:237-242.
- Whistler, R. y Bemiller, J. 1997. **Starch. Carbohydrate chemistry for food scientists**. St. Paul, MN, USA: Eagan Press.
- Zaidul, I.; Norulaini, N.; Mohd, A.; Yamacuchi, H. y Noda, T. 2007. **RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches**. Carbohydrate Polymers 69: 784-791.
- Zakpaa, H.; Mak-Mensah, E.; Adubofour, J. 2010. **Production and characterization of flour produced from ripe “apem” plantain (*Musa sapientum* L. var. *paradisical*; French horn) grown in Ghana**. Journal of

- Agricultural Biotechnology and Sustainable Development Vol. 2(6), pp. 92–99.
- Zamudio, B.; A. Vargas; F. Gutiérrez; L. Bello. 2010. **Caracterización fisicoquímica de almidones doblemente modificados de plátano.** Agrociencia. (México) 44:283-295.
- Zamudio, P.; Vargas, A.; Perez, J. Bozquez, E; Bello, L. 2006. **Films prepared with oxidized banana starch: mechanical and barrier properties.** Starch/stärke. 58: 274-282.
- Zhang, P; Wistler, L; Bemiller, J; Hamaker, B. 2005. **Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility-a review.** Producción. Carbohydrate Polymers 59: 443-458.
- Zhou, Z; Robards, K; Helliwell, S; Blanchard, C. 2002. **Composition and functional properties of rice.** International Journal of Food Science and Technology 37: 849-868.

APENDICE

Cálculos Tipos

1. Determinación de las Propiedades fisicoquímicas.

1.1. Humedad.

$$H = \frac{Pm - (Pms - Pc)}{Pm} * 100\%$$

Donde:

H: Porcentaje de humedad (%).

Pm: Peso de muestra húmeda (g).

Pms: Peso de capsula mas muestra seca (g).

Pc: Peso de la capsula vacía (g).

$$H = \frac{1,0017g - (18,5318g - 17,6073g)}{1,0017g} * 100\%$$

$$H = 7,71\%$$

1.2. Cenizas

$$C = \frac{Pcc - Pc}{Pm} * 100\%$$

Donde:

C: Porcentaje de cenizas (%).

Pcc: Peso de del crisol mas cenizas (g).

Pc: Peso del crisol (g).

Pm: Peso de la muestra en base seca (g).

$$C = \frac{10,0880g - 10,0612g}{0,9279g} * 100\%$$

$$C = 2,8883\%$$

1.3. Proteína cruda

$$Pr = \frac{14 * C_{H_2SO_4} * V_{H_2SO_4} * 100 * Factor}{Pm} * 100\%$$

Donde:

Pr: Contenido de proteína cruda (%).

$C_{H_2SO_4}$: Concentración de ácido sulfúrico (N).

$V_{H_2SO_4}$: Volumen de ácido sulfúrico (ml).

Pm : Peso de muestra húmeda (g).

Factor: Factor 6,25.

$$Pr = \frac{14 * 0,1485N * 3,2ml * 100 * 6,25}{0,6905g * 1000} * 100\%$$

$$Pr = 6,0215\%$$

1.4. Grasa Cruda.

$$Gr = \frac{P_{(b+r)} - P_b}{Pm} * 100\%$$

Donde:

Gr: Porcentaje de grasa cruda (%).

$P_{(b+r)}$: Peso del beaker más el residuo (g).

P_b : Peso del beaker (g).

Pm : Peso de la muestra en base seca (g).

$$Gr = \frac{90,4905g - 90,4810g}{2,7804g} * 100\%$$

$$Gr = 0,3417\%$$

1.5. Almidón

$$A = \frac{V_D * \left(\frac{Abs + 0,0012}{0,1156} \right)}{Alicuota} * 100\%$$

Donde:

A: Porcentaje de almidón (%).

V_D : Volumen de dilución (ml)

Abs : Absorbancia.

$Alicuota$: Alicuota (ml).

Pm : Peso de la muestra en base seca (mg).

$$A = \frac{50ml * \left(\frac{0,1367 + 0,0012}{0,1156}\right)mg}{2ml} * 100\% \\ 46,3252mg$$

$$A = 64,3661\%$$

1.6. Amilosa.

$$Am = \frac{\left(\frac{Abs - 0,039}{0,0164}\right)}{A} * 100\%$$

Donde:

Am : Porcentaje de amilosa (%).

Abs : Absorbancia.

A : Porcentaje de almidón (%).

$$Am = \frac{\left(\frac{0,3010 - 0,039}{0,0164}\right)}{64,3661} * 100\%$$

$$Am = 24,2950\%$$

1.7. Amilopectina

$$Amp = 100 - Am$$

Donde:

Amp : Porcentaje de amilopectina (%).

Am : Porcentaje de amilosa (%).

$$Amp = 100 - 24,2950\%$$

$$Amp = 75,7050\%$$

1.8. Fibra Dietética

$$FD = \frac{R - \left(\frac{C + Pr}{100}\right) * Pr}{Pm} * 100\%$$

Donde:

FD: Porcentaje de fibra dietética (%).

R: Peso residuo (mg).

C: Contenido de cenizas (%).

Pr: Contenido de Proteína (%).

Pm: Peso de muestra (mg)

$$FD = \frac{71,4mg - \left(\frac{25,56 + 40,66}{100}\right) * 71,4mg}{463mg} * 100\%$$

$$FD = 5,51\%$$

1.9. Azucares Reductores

$$Ar = \frac{100 * \left(\frac{mcg(Ar)}{ml}\right)}{mcg alicuota}$$

Donde:

Ar: Contenido de azucares reductores (%).

mcg(Ar)/ml: Azucares reductores supuesto (micg/ml).

mcg alicuota: microgramos en alícuota (micg/ml)

$$Ar = \frac{100 * 3,44micg/ml}{18530micg/ml}$$

$$Ar = 0,019\%$$

1.10. Azúcares Reductores

$$At = Ar + Anr$$

Donde:

At: Porcentaje de azúcares reductores (%).

Ar: Contenido de azúcares reductores (%).

Anr: Contenido de azúcares no reductores (%).

$$At = 0,0682\% + 0,019\%$$

$$At = 0,0853\%$$

1.11. Polifenoles

$$T = \frac{100 * ms}{ma}$$

Donde:

T: Porcentaje de taninos (%).

ms: Taninos supuestos (mg).

ma: Alícuota (mg).

$$T = \frac{100 * 0,0499mg}{14,82mg}$$

$$T = 0,3367\%$$

1.12. Acidez Titulable

$$Ac = \frac{V * 100 * N}{g_{base\ seca}}$$

Donde:

Ac: Acidez titulable

V: Volumen titulado (ml)

$g_{base\ seca}$: Gramos de muestra en base seca (g)

N: Normalidad de hidróxido de sodio (N).

$$Ac = \frac{0,20ml * 100 * 0,0979N}{2,50g}$$

$$Ac = 0,78eq$$

1.13. Densidad aparente

$$D = \frac{V}{Pm}$$

Donde:

D: Densidad aparente (g/ml).

V: Volumen ocupado (ml).

Pm: Peso de muestra base seca (g).

$$D = \frac{11,77ml}{4,66mg}$$

$$D = 0,40g/ml$$

2. Determinación de las Propiedades Funcionales

2.1. Solubilidad en agua fría

$$S = \frac{(P_{(c+ms)} - Pc)}{Pm} * 100\%$$

Donde:

S: Porcentaje de Solubilidad en agua fría (%).

Pm: Peso de muestra húmeda (g).

P_(c+ms): Peso de capsula mas muestra seca (g).

Pc: Peso de la capsula vacía (g).

$$S = \frac{(43,91g - 43,89g)}{0,50g} * 100\%$$

$$S = 4,20\%$$

2.2. Estabilidad al congelamiento y deshielo.

$$As = \frac{V * 100}{VD}$$

Donde:

As: Porcentaje de agua separada (%)

V: Volumen de agua separada (ml).

VD: Volumen de dilución (ml).

$$As = \frac{32 * 100}{40}$$

$$As = 80\%$$

2.3. Capacidad de retención de agua

$$Ca = 100 - \frac{V * 100}{VD}$$

Donde:

Ca: Capacidad de retención de agua (%)

V: Volumen de agua separada (ml).

VD: Volumen de dilución (ml).

$$Ca = 100 - \frac{43ml * 100}{50ml}$$

$$Ca = 14\%$$

3. Determinación de las Propiedades Nutricionales

3.1. Digestibilidad in vitro del almidón

$$D = \frac{Abs \text{ de la muestra}}{Abs \text{ del patron}} * 10 * 20 * 0,9$$

Donde:

D: Digestibilidad in vitro del almidón (%).

Abs de la muestra: Absorbancia de la muestra

Abs del patron: Absorbancia del patrón.

$$D = \frac{0,0044}{0,3188} * 10 * 20 * 0,9$$

$$D = 2,47\%$$

3.2. Digestibilidad de la proteína

$$Dp = \frac{\left(\frac{V_{H_2SO_4} * N_{H_2SO_4} * 0,014 * 0,1 * 100}{Pm(\text{alícuota})} \right) * 6,25}{\%Pt} * 100$$

Donde:

Dp: Digestibilidad de la proteína (%).

$V_{H_2SO_4}$: Volumen de ácido sulfúrico (ml)

$N_{H_2SO_4}$: Concentración de ácido sulfúrico(N).

Pm : Peso de muestra en alícuota (g).

$\%Pt$: Porcentaje de proteína total (%).

$$Dp = \frac{\left(\frac{3,35ml * 0,01N * 0,014 * 0,1 * 100}{0,03g} \right) * 6,25}{5,37} * 100$$

$$D = 17,54\%$$

3.3. Almidón resistente

$$ALR = \frac{\frac{(Abs\ muestra)}{Abs\ patron} * 10 * 500 * 0,9}{50 * Pm} * 100$$

Donde:

ALR: Contenido de almidón resistente (%)

Abs muestra: Absorbancia de la muestra.

Abs patron: Absorbancia del patrón

Pm : Peso de muestra en base seca (mg).

$$AlR = \frac{(0,08)}{0,39} * 10 * 500 * 0,9$$
$$50 * 92,65mg * 100$$

$$D = 20,30\%$$

Anexos

Tabla N° 26. Hoja de respuestas de la evaluación sensorial de las tortas de chocolates elaboradas a partir de las harinas de cambur Cavendish ‘William’s’ obtenidas a diferentes temperaturas y tiempos de secado.

	Color				Olor				Sabor				Textura				Apariencia global			
	985	453	732	678	985	453	732	678	985	453	732	678	985	453	732	678	985	453	732	678
Me agrada mucho																				
Me agrada																				
Me agrada poco																				
Me es indiferente																				
Me desagrada poco																				
Me desagrada mucho																				

Tabla N° 27. Hoja de respuestas de la evaluación sensorial del pudín de chocolate elaborado a partir del almidón nativo de cambur Cavendish ‘William’s’.

	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia global
Me agrada mucho					
Me agrada					
Me agrada poco					
Me es indiferente					
Me desagrada poco					
Me desagrada mucho					