



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE LICENCIATURA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
MATURÍN**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y
FUNCIONALES DE ALMIDÓN DE YUCA FERMENTADO
(*Manihot esculenta* Crantz) Y SU FACTIBILIDAD DE
USO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS**

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD TESIS DE GRADO
PRESENTADO POR:

**GABRIEL ALEXANDER MARCHÁN FIGUEROA
LALESKA KAROLINA GUERRA NARVAEZ**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Marzo, 2023

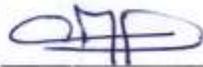
**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y
FUNCIONALES DE ALMIDÓN DE YUCA FERMENTADO (*Manihot
esculenta* Crantz) Y SU FACTIBILIDAD DE
USO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS**

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD TESIS DE GRADO
PRESENTADO POR:

GABRIEL ALEXANDER MARCHÁN FIGUEROA
LALESKA KAROLINA GUERRA NARVAEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

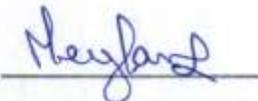
APROBADO POR:



Lcda. Marglorys Marchán
Tutora



MSc. Mary Longart
Cotutora



Dra. Meylan Liendo
Jurado Principal



MSc. Liseth Cárdenas
Jurado Principal

Marzo, 2023



ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

CTG-ECAA-DLTA-2023

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

ACTA N° 707

En Maturín, siendo las 2:00 pm, del día 16 de Marzo de 2023, reunidos en la sala N° 01 de Postgrado, Campus: Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado, profesores: Meylan Liendo (Jurado), Liseth Cárdenas (Jurado), Marglorys Marchán (Tutor Académico) y Mary Longart (Cotutor Académico), a fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de Licenciado en Tecnología de Alimentos, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE ALMIDÓN DE YUCA FERMENTADO (*Manihot esculenta* Crantz) Y SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS", por el bachiller: Marchán Figueroa Gabriel Alexander, C.I. N° 23.535.827. El jurado, luego de la discusión del mismo acuerdan calificarlo como: APROBADO.

Dra. Meylan Liendo
C.I.: 12.152.196
Jurado

M.Sc. Liseth Cárdenas
C.I.: 10.307.266
Jurado

Leda. Marglorys Marchán
C.I.: 16.696.718
Tutor académico

M.Sc. Mary Longart
C.I.: 4.502.463
Co-Tutor académico

Br. Gabriel Alexander Marchán Figueroa
C.I.: 23. 535.827

Estudiante

M.Sc. Cruz Castañeda
C.I.: 9.978.722
Comisión de Trabajo de Grado



Dra. Meylan Liendo
C.I.: 12.152.196
Jefe Departamento

Según establecido en resolución de Consejo Universitario N° 014/2009 de fecha 15 de febrero de 2009, artículo 13 Literal J del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. Esta acta está asentada en el folio N° 20 del libro de Actas de Trabajos de Grado del año 2023 del Departamento de Licenciatura en Tecnología de Alimentos de la Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente y está debidamente firmada por los miembros del jurado, tutor y estudiante.

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS



ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

CTG-ECAA-DLTA-2023

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

ACTA N° 706

En Maturín, siendo las 2:00 pm, del día 16 de Marzo de 2023, reunidos en la sala N° 01 de Postgrado, Campus: Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado, profesores: Meylan Liendo (Jurado), Liseth Cárdenas (Jurado), Marglorys Marchán (Tutor Académico) y Mary Longart (Cotutor Académico), a fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de **Licenciado en Tecnología de Alimentos**, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE ALMIDÓN DE YUCA FERMENTADO (*Manihot esculenta* Crantz) Y SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS"**, por la bachiller: Laleska Karolina Guerra Narváez, C.I. N° 23.534.549. El jurado, luego de la discusión del mismo acuerdan calificarlo como: APROBADO.

Dra. Meylan Liendo
 C.I.: 12.152.196
 Jurado

M.Sc. Liseth Cárdenas
 C.I.: 10.307.266
 Jurado

Leda. Marglorys Marchán
 C.I.: 16.696.718
 Tutor académico

M.Sc. Mary Longart
 C.I.: 4.502.463
 Co-Tutor académico

Br. Laleska Karolina Guerra Narváez
 C.I.: 23.534.549

Estudiante

M.Sc. Cruz Castañeda
 C.I.: 9.978.722
 Comisión de Trabajo de Grado



Dra. Meylan Liendo
 C.I.: 12.152.196
 Jefe Departamento

Según establecido en resolución de Consejo Universitario N° 034/2009 de fecha 16 de febrero de 2009, artículo 13 Literal f) del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. Esta acta está asentada en el folio N° 19 del libro de Actas de Trabajos de Grado del año 2023 del Departamento de Licenciatura en Tecnología de Alimentos de la Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente y está debidamente firmada por los miembros del jurado, tutor y estudiante.

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS

DEDICATORIA

Dedicado a:

Dios por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto.

A mi madre, Ana Figueroa, una mujer luchadora y excepcional de quien me siento muy orgulloso, que me supo guiar e inculcar valores y principios para ser una buena persona.

A la memoria de mi padre Julián Marchán, quien fue una excelente persona y un gran padre. Estarás siempre en mi corazón papá.

A la profesora Marglorys Marchán por todo su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y por influir mucho en mí para alcanzar los objetivos propuestos.

A mis hermanos Julián Marchán, Marlinys Marchán, Raúl Marchán Y Maryolys Marchán por la confianza puesta en mí y que en algún momento me apoyaron.

A mi amiga Daimar Carrión por su confianza puesta en mí y por siempre estar presente.

Gabriel Marchán

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, sin ellos no hubiese podido lograrlo, por todo su amor, su entrega, por haberme formado como una persona de gran valor, por enseñarme los mejores principios que una persona puede tener y por motivarme cada día a alcanzar mis objetivos.

A mi tutora, profesora Marglorys Marchán, a mi compañero de tesis, y a mis compañeros de clases por haberme acompañado durante todos estos años, por brindarme su amistad, y permitirme ser su compañera.

Con mucho amor, les dedico este proyecto, y muchas gracias a todos.

Laleska Karolina Guerra

AGRADECIMIENTO

Agradecido principalmente con Dios por darme la oportunidad de seguir mis estudios y que me haya puesto en la carrera de Licenciatura en Tecnología de Alimentos.

Especial agradecimiento para mi mamá, Ana Figueroa, por todo el apoyo incondicional y no dejarme claudicar, sobre todo por darme siempre la motivación para continuar y nunca darme por vencido a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi tutora, profesora Marglorys Marchán quien nos acompañó en todo momento en la ejecución del trabajo de grado y además nos motivó e impulsó a seguir a pesar de todos los inconvenientes que se presentaron.

A mi cotutora profesora Mary Longart cuyo rol fue de suma importancia porque contribuyó corrigiendo la forma, la estructura y el cuerpo del trabajo. Fue un gusto haber contado con su apoyo y es un honor que haya sido mi profesora.

A mis compañeros y amigos que hicieron vida universitaria conmigo y formaron parte de mi crecimiento como profesional y además como apoyo en algunos momentos. Agradecidos especialmente con Leorenys Salazar, Nathalia Mendoza, Romer Arrieta, Darwin Peinado, Laleska Guerra y Doralys Pérez.

A todos los profesores y muy especialmente a las profesoras Mary Longart, Meylan Liendo y Carmen Farías quienes ayudaron en mi formación

académica compartiendo su conocimiento para mi crecimiento profesional y personal.

A mi compañera de tesis Laleska Guerra con quien formé un excelente equipo de trabajo.

Al Licenciado Salvador Herrera de la Fuente, TSU Arlene García por su apoyo en los laboratorios para poder cumplir con los objetivos propuestos.

Gabriel Marchán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios Todopoderoso por acompañarnos en este camino, por brindarnos su luz y regalarnos salud para llegar hasta este momento y cumplir nuestro objetivo.

A mis padres, Willman Guerra y Nilka Narvaez, por todo su amor, su apoyo incondicional y por siempre acompañarme en todo momento.

A mi tutora, profesora Marglorys Marchán, por apoyarnos, por toda su entrega, su paciencia, su esfuerzo y por ayudarnos en todo momento, por guiarnos y por brindarme esta oportunidad.

A mi compañero de tesis Gabriel Marchán y a mis compañeros de clases por su amistad, su apoyo y su ayuda, que aportaron un gran porcentaje para la realización de este proyecto.

A todos los miembros de la Universidad de Oriente que nos ayudaron a las realizaciones de los análisis, por guiarnos y por hacer todo lo posible para que pudiéramos culminar a pesar de los obstáculos.

Laleska Karolina Guerra

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
GENERAL.....	3
ESPECÍFICOS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
GENERALIDADES DE LA YUCA.....	4
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA YUCA.....	6
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA YUCA.....	7
GENERALIDADES DEL ALMIDÓN.....	7
ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ALMIDÓN.....	8
Amilosa.....	9
Amilopectina.....	10
CLASIFICACIÓN DEL ALMIDÓN.....	11
Almidón nativo.....	11
Almidón modificado.....	11
FERMENTACIÓN.....	12
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ALMIDONES.....	15
Contenido de humedad.....	17
Contenido de ceniza.....	18
Lípidos.....	18
PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS ALMIDONES.....	19
Gelatinización.....	20
Capacidad de absorción de agua.....	21
Poder de hinchamiento.....	22
COLOR.....	23
DEFINICIÓN DE GALLETAS.....	24
ANTECEDENTES.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS	27
OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	27
OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO.....	27
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (% R) DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO.....	30

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA (HUMEDAD, CENIZA, PH, ACIDEZ TITULABLE) DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO.....	31
Determinación del porcentaje de humedad	31
Determinación del contenido de ceniza	32
Determinación del pH	33
Determinación de la acidez titulable	33
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS, CAPACIDAD EMULSIFICANTE, PODER DE HINCHAMIENTO, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA) DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO	34
Determinación de la temperatura de gelatinización.....	34
Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA).....	35
Determinación del índice de absorción de lípidos (IAL).....	36
Determinación de la capacidad emulsificante (CE)	37
PODER DE HINCHAMIENTO (PH), ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA), ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA).	38
Determinación de los parámetros de color L*, a* y b* y del índice de blanco de almidón de yuca nativo y fermentado	39
Índice de blanco (IB).....	40
ELABORACIÓN DE GALLETAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO	40
MEDIDA DEL PESO DE LAS GALLETAS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO	41
MEDIDA DEL VOLUMEN Y DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN ESPECÍFICO DE LAS GALLETAS.....	42
MEDIDA DE LA DENSIDAD DE LAS GALLETAS.....	43
DETERMINACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LAS GALLETAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO.....	43
DISEÑO EXPERIMENTAL	44
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (% R) DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO	48
CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA (HUMEDAD, CENIZA, PH, ACIDEZ TITULABLE) DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO.....	50
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO A DIFERENTES TIEMPOS	50

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN DIFERENTES TIEMPOS	53
DETERMINACIÓN DEL PH Y ACIDEZ TITULABLE EN ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO A DIFERENTES TIEMPOS	56
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS, CAPACIDAD EMULSIFICANTE, PODER DE HINCHAMIENTO, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA) DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO.....	61
Determinación de la temperatura de gelatinización (Tg)	61
Determinación de la capacidad de retención de agua de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	65
Determinación del índice de absorción de lípidos (IAL) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	68
Determinación de la capacidad emulsificante de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.....	70
Determinación del poder de hinchamiento (PH) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.....	73
Determinación del índice de absorción de agua (IAA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	75
Determinación del Índice de solubilidad en agua (ISA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	76
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COLOR L*, a*, b* Y DEL ÍNDICE DE BLANCO DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO.....	79
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN ESPECÍFICO DE GALLETAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO.....	84
DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS GALLETAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO	86
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
APÉNDICE	109
ANEXO	132
HOJAS METADATOS	137

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	6
Cuadro 2. Composición química de la yuca en 100 g.....	7
Cuadro 3. Tipos de fermentación y sus productos industriales.....	13
Cuadro 4. Comparación de algunas propiedades físicas y funcionales de varios almidones nativos de cereales, raíces y tubérculos.....	16
Cuadro 5. Formulación para la elaboración de las galletas a partir de almidón de yuca fermentado.	42
Cuadro 6. Porcentaje de rendimiento (% R) de almidón de yuca sin fermentar y fermentado a diferentes tiempos	48
Cuadro 7. Determinación del porcentaje de humedad de almidón de yuca nativo y fermentado en diferentes tiempos.....	51
Cuadro 8. Determinación del porcentaje de ceniza de almidón de yuca nativo y fermentado en diferentes tiempos.....	54
Cuadro 9. pH y acidez titulable de almidón de yuca nativo y fermentados a diferentes tiempos	57
Cuadro 10. Temperatura de gelatinización de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	62
Cuadro 11. Capacidad de retención de agua (CRA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.....	65
Cuadro 12. Índice de absorción de lípidos (IAL) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.....	69
Cuadro 13. Capacidad emulsificante de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	71
Cuadro 14. Poder de hinchamiento de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	73
Cuadro 15. Índice de absorción de agua (IAA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo	75
Cuadro 16. Índice de solubilidad en agua (ISA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.....	77
Cuadro 17. Parámetros de color L*, a*, b* e índice de blanco del almidón de yuca nativo y fermentado.....	80
Cuadro 18. Volumen específico de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado	85
Cuadro 19. Atributos sensoriales apariencia general, color, olor y sabor de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química de la amilosa.....	10
Figura 2. Estructura de la molécula de amilopectina.	11
Figura 3. Diagrama del proceso de extracción de almidón de yuca, nativo y fermentado, establecido por Alarcón y Dufour (2002)	28
Figura 4. Planilla de evaluación sensorial tipo escala hedónica de nueve puntos.....	45
Figura 5. Diagrama experimental para almidón de yuca fermentado.....	46
Figura 6. Diagrama experimental para galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado.	47

RESUMEN

Los almidones fermentados, especialmente los de yuca, tienen potencial para ser usados en la elaboración de panes y galletas libres de gluten razón por la que en esta investigación se planteó como objetivo evaluar las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fermentado en tres periodos de tiempo y su factibilidad de uso en la elaboración de galletas. El experimento se llevó a cabo mediante diseño de bloques al azar y tres repeticiones y los resultados se evaluaron a través de un ANAVA con un nivel de significancia del 95 % ($p < 0,05$). Los resultados del rendimiento (%R) del almidón nativo (sin fermentar) y fermentado durante 7, 14 y 21 días, variaron entre 20,91 y 24,75 % y se evidenció que el tiempo de fermentación no afectó este parámetro. La caracterización fisicoquímica del almidón de yuca fermentado durante 7, 14 y 21 días mostró valores más bajos en todos los parámetros evaluados a excepción del %humedad; en comparación con lo obtenido para almidón sin fermentar que presentó los valores más altos para ceniza (0,1882 %), pH (6,7) y acidez titulable (0,00118 mEqAL/g Almidón), demostrando con esto que el tiempo de fermentación influyó sobre las propiedades físicas y químicas antes mencionadas. La temperatura de gelatinización (Tg) estuvo comprendida entre 66,7 y 67,5 °C con un comportamiento no significativo para el almidón nativo y fermentado. El tiempo de fermentación arrojó variaciones significativas en todas las propiedades funcionales de los almidones, encontrándose los valores más altos de capacidad de retención de agua (CRA) (741,34%), índice de absorción de lípidos (IAL) (139,20%), capacidad emulsificante (CE) (7,27%), poder de hinchamiento (PH) (6,8348 g/g), índice de absorción de agua (IAA) (6,7898 g/g) e índice de solubilidad en agua (ISA) (1,1203 g/g) para el almidón fermentado durante 14 días, en comparación con el almidón fermentado por 7 y 21 días; evidenciándose además los bajos valores del almidón nativo (sin fermentar) en CRA (510,72 %) y CE (4,82 %). Los parámetros de color L^* , a^* y b^* y el índice de blanco indicaron que los almidones de yuca evaluados tienden al blanco con matices que van hacia el rojo y hacia el amarillo. El volumen específico de las galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado a los 7, 14 y 21 días varió de 1,77 a 2,42 cm³/g, encontrándose el valor mayor en la galleta con almidón fermentado por 21 días, Las galletas formuladas a partir de almidón nativo obtuvieron la mayor aceptabilidad por los panelistas en la mayoría de los atributos evaluados a excepción de la textura, donde resultó más favorecida y aceptaba la galleta elaborada con almidón fermentado por 21 días.

Palabras clave: almidón, fermentación, propiedades funcionales, galletas

SUMMARY

Fermented starches, especially those from cassava, have the potential to be used in the preparation of gluten-free breads and cookies, which is why the objective of this research was to evaluate the physical, chemical and functional properties of cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz) fermented in three periods of time and its feasibility of use in the preparation of cookies. The experiment was carried out using a randomized block design and three repetitions and the results were evaluated through an ANAVA with a significance level of 95 % ($p < 0,05$). The results of the yield (%R) of the native (unfermented) and fermented starch for 7, 14 and 21 days, varied between 20,91 and 24,75 % and it was evidenced that the fermentation time did not affect this parameter. The physicochemical characterization of the cassava starch fermented for 7, 14 and 21 days showed lower values in all the parameters evaluated except for % moisture; compared to that obtained for unfermented starch, which presented the highest values for ash (0,1882 %), pH (6,7) and titratable acidity (0,00118 mEqAL/g starch), thus demonstrating that the time of fermentation influenced the aforementioned physical and chemical properties. The gelatinization temperature (Tg) was between 66,7 and 67,5 °C with a non-significant behavior for the native and fermented starch. The fermentation time showed significant variations in all the functional properties of the starches, finding the highest values of water retention capacity (CRA) (741,34 %), lipid absorption index (IAL) (139,20 %), emulsifying capacity (CE) (7,27 %), swelling power (PH) (6,8348 g/g), water absorption index (IAA) (6,7898 g/g) and solubility index in water (ISA) (1,1203 g/g) for starch fermented for 14 days, compared to starch fermented for 7 and 21 days; also evidencing the low values of native starch (unfermented) in CRA (510,72%) and CE (4,82%). The color parameters L*, a* and b* and the white index indicated that the cassava starches evaluated tend to be white with shades that go towards red and yellow. The specific volume of the cookies made from cassava starch fermented at 7, 14 and 21 days varied from 1.77 to 2.42 cm³/g, the highest value being found in the cookie with starch fermented for 21 days. Biscuits made from native starch obtained the highest acceptability by the panelists in most of the evaluated attributes, except for texture, where the biscuit made with fermented starch for 21 days was more favored and accepted

Keywords: starch, fermentation, functional properties, cookies

INTRODUCCIÓN

El almidón es un polisacárido que constituye la reserva energética de los vegetales (Witczak *et al.* 2015). Es extraído de diversas fuentes como, raíces, tubérculos, cereales, granos, entre otros. Puede ser utilizado en forma nativa (sin modificaciones) y con modificaciones de tipo física, química, enzimática o combinadas, en las industrias de textiles, papel, adhesivos, farmacéuticas y de alimentos.

El uso de almidones obtenido a partir de raíces y tubérculos tropicales, como materia prima en la elaboración de productos, se ha convertido en una forma de incentivar e incrementar la producción y demanda de estos rubros (Pérez *et al.* 2005). En Venezuela, por ejemplo, la yuca y sus productos derivados, como el casabe y almidón, ocupan un espacio significativo en la alimentación humana, en la alimentación animal, en la industria cosmética y en la industria de alimentos.

El almidón de yuca, presenta características específicas que lo hacen un insumo importante y en algunos casos insustituibles para ciertos procesos industriales, como es el caso de la industria alimentaria donde es ventajoso en comparación con almidones de otras fuentes, ya que presenta características de particular interés en el ámbito industrial como, por ejemplo, una alta pureza, sabor neutro, fácil hinchamiento y solubilización, desarrollo de viscosidad considerable y una baja tendencia a retrogradar (González y Pérez 2003).

En la industria de alimentos, el almidón de yuca tiene amplias aplicaciones, dentro de las que se incluyen como agente espesante, de

relleno, aglutinante y como ingrediente principal en la elaboración de galletas, si se ha sometido previamente a un proceso de fermentación.

La fermentación del almidón es común en países como Brasil y Colombia, pero no en Venezuela; sin embargo, en nuestro país pudiera ser aprovechado por la población, especialmente por las personas con regímenes especiales, como una alternativa para la elaboración de panes y galletas libres de gluten porque la raíz a partir del cual se obtiene el almidón de yuca es económica y de fácil acceso. El proceso de fermentación del almidón de yuca podría generar cambios favorables como el aumento de la capacidad de expansión, propiedad ideal en la elaboración de productos horneados y a través de este proceso de fermentación se logra incrementar la disponibilidad del almidón resistente, el cual se asocia con la protección contra el cáncer de colon y enfermedades gastrointestinales.

El almidón de yuca fermentado constituye una excelente alternativa para dar respuesta al sector de la población con regímenes especiales que aparte de no encontrar los productos libres de gluten que necesitan para su dieta, deben pagar costos elevados para adquirirlos, lo que los hace inaccesibles para los sectores de la población con escasos recursos económicos. Todas estas razones llevaron a plantearse como objetivo la evaluación de almidones de yuca fermentados y su factibilidad de uso en la elaboración de galletas.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fermentado en tres periodos de tiempo y su factibilidad de uso en la elaboración de galletas.

ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de rendimiento (% R) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.
- Caracterizar física y químicamente (humedad, ceniza, pH, acidez titulable) el almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.
- Determinar las propiedades funcionales (temperatura de gelatinización, capacidad de retención de agua, índice de absorción de lípidos, capacidad emulsificante, poder de hinchamiento, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua) del almidón de yuca nativo fermentado en tres periodos de tiempo.
- Determinar los parámetros de color L^* , a^* , b^* y el índice de blanco de almidón de yuca nativo y fermentado.
- Determinar el volumen específico de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.
- Determinar la aceptabilidad de las galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES DE LA YUCA

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es una planta originaria de América tropical; alcanza de uno a cuatro metros de altura. Su sistema radical es incipiente y consta de raíces fibrosas y tuberosas (reserva de almidones). Estas varían en tamaño, forma y peso debido a la variedad y al medio ambiente donde se encuentra. La yuca junto con el maíz, la caña de azúcar y el arroz constituyen la fuente de energía más importante para la alimentación en las regiones tropicales del mundo (Ceballos 2002).

Se cultiva en más de 90 países y da subsistencia a 500 millones de personas de los trópicos y sub trópicos del mundo. Esta raíz rústica, no sólo es un alimento básico para muchas familias campesinas de escasos recursos, sino también es materia prima para la industria. La misma se usa en la obtención de almidón, alcohol, fibra y en la nutrición animal, entre otros. La producción mundial de yuca se sitúa alrededor de 240 millones de toneladas por año, con un área de 16 millones de hectáreas, de las cuales el 50 % se encuentra en África, 30 % en Asia y el 20 % en América Latina (Valdez y Hernández 2014).

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Crantz en 1766, posteriormente, fue reclasificada por Pohl en 1827 y Pax en 1910 en dos especies diferentes: yuca amarga, *Manihot utilissima* y yuca dulce *M. aipi*. Sin embargo, Ciferri en 1938 reconoció prioridad al trabajo de Crantz en el que se propone el nombre utilizado actualmente. Se han descrito alrededor de 98 especies del género *Manihot* de las cuales sólo la yuca tiene

relevancia económica y es cultivada. Su reproducción alógama y su constitución genética altamente heterocigótica constituyen la principal razón para propagarla por estacas y no por semilla sexual (Ceballos y De la Cruz 2002).

Es un cultivo de amplia adaptación ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1.800 msnm, a temperaturas comprendidas entre 20 y 30 °C con una óptima de 24 °C, una humedad relativa entre 50 y 90 %, con una óptima de 72 % y una precipitación anual entre 600 y 3.000 mm con una óptima de 1.500 mm. Su ciclo de crecimiento desde la siembra hasta la cosecha, depende de las condiciones ambientales: el más corto, es de 7 a 12 meses, en áreas cálidas y el más largo, es de 12 meses o más, en regiones con alturas de 1.300 a 1.800 msnm. Dependiendo del uso final de la yuca, ésta puede ser clasificada como de calidad culinaria cuando se destina al consumo humano directo; como industrial cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón, trozos secos o como de doble propósito, es decir, fenotipos que podrían ser usados tanto para el consumo humano como industrial (Aristizábal y Sánchez 2007).

El uso de la yuca depende de su contenido de ácido cianhídrico (HCN) que permite su clasificación en variedades dulces, que son aquellas utilizadas para el consumo humano directo y variedades amargas que contienen 100 mg de HCN por kg de pulpa, que son utilizadas por la industria. De la yuca se puede consumir tanto la raíz que es rica en carbohidratos como las hojas que son ricas en proteínas, minerales, vitaminas y ácidos grasos omega-3, sin embargo, las hojas tienen componentes antinutricionales como cianoglucósidos, que es el componente más tóxico, presente también en la raíz, oxalatos, fitatos, taninos e inhibidores de tripsina que hacen que su consumo no sea tan común como el

de la raíz (Pereira *et al.* 2016; Jamil y Bujang 2016). Leguizamón *et al.* (2021) citan que en Pará, Brasil, las hojas de yuca son usadas como ingrediente principal en la preparación de manicoba, un plato en el cual las hojas frescas se cocinan acompañadas con tocino o lomo de cerdo de 4 a 5 días, tiempo necesario para la completa eliminación de los componentes tóxicos presentes en la hoja.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA YUCA

La yuca es una planta perenne, que de acuerdo con Aristizábal *et al.* (2007), presenta la siguiente clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Euphorbiales</i>
Familia	<i>Euphorbiaceae</i>
Subfamilia	<i>Crotonoideae</i>
Tribu	<i>Manihoteae</i>
Género	<i>Manihot</i>
Especie	<i>esculenta</i>
Nombre binomial	<i>Manihot esculenta</i>

Fuente: Aristizábal *et al.* 2007.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA YUCA

Buitrago (1990), menciona que todas las partes de la planta de yuca (raíz, follaje y tallo) son utilizadas en la alimentación humana, animal. Los productos y subproductos de la yuca son esencialmente energéticos (124 kcal/100 g) debido a su alto contenido de almidones y su bajo nivel de proteínas. Aristizábal *et al.* (2007) señalan que la raíz es rica en vitamina C, calcio, potasio y contiene niveles aceptables del complejo B, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de la yuca en 100 g

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua	61,8 g	Hierro	0,4 mg
Proteína	0,8 g	Vitamina	0,3 µm
Grasa	0,1 g	Tiamina	0,04 mg
Cenizas	0,9 g	Riboflavina	0,03 mg
Carbohidratos	36,4 g	Niacina	0,5 mg
Calcio	27,0 mg	Vitamina C	30,0 mg
Fósforo	35,0 mg	Energía	150,0 kcal

Fuente: Aristizábal *et al.* 2007.

GENERALIDADES DEL ALMIDÓN

El almidón es un carbohidrato complejo, que está ampliamente distribuido en los órganos de las plantas y es la reserva principal de energía. Se encuentra en los cereales, legumbres, tubérculos, frutas y raíces. El almidón, químicamente es una mezcla de dos polisacáridos muy similares y se encuentran en el endospermo de los cereales, en las raíces, tubérculos y en algunas frutas, como polisacárido de reserva de energía, en forma de

pequeños corpúsculos discretos, redondeados o poliédricos, que reciben el nombre de gránulos (Badui 1994 y Montoya 2007).

El almidón es el único producido universalmente en pequeños gránulos sintetizados en los amiloplastos, que están formados por capas concéntricas o excéntricas de distintos espesores y tienen tamaños (2-150 μm). Su distribución de tamaño y forma están relacionadas con el sistema biosintético de las plantas y por condiciones físicas impuestas por el entorno del tejido. El 70 % aproximadamente de la masa de un grano de almidón se considera amorfo y aproximadamente el 30 % cristalino. En las zonas amorfas se localiza la mayor parte de amilosa, aunque también una fracción considerable de amilopectina y las zonas cristalinas están formadas periódicamente por amilopectina (Tester *et al.* 2004).

ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ALMIDÓN

El almidón se compone de dos tipos de moléculas de polisacáridos, amilosa y amilopectina los cuales son homoglicanos de D-glucosa. En el almidón natural estas moléculas están íntimamente asociadas en gránulos estructurales (Fennema 2010). Estos polímeros son muy diferentes en su forma estructural; la amilosa es lineal, mientras que la amilopectina es ramificada. Cada estructura desempeña un papel importante en el almidón y sus derivados. Industrialmente la fracción amilosa/amilopectina se puede manipular genética, física y químicamente para modificar las características propias como viscosidad, gelatinización, textura, solubilidad, estabilidad del gel y retrogradación, con la finalidad de darles propiedades funcionales para aplicaciones industriales específicas (Riley *et al.* 2006).

Amilosa

La amilosa (Figura 1) es un polímero lineal formado por unidades de D-glucosa, unidas por enlaces α (1-4). Debido a su carácter prácticamente lineal y a la presencia casi exclusiva de los enlaces α (1-4), es susceptible de complejas moléculas hidrófobas (yodo, ácidos grasos, cadenas hidrocarbonadas); su capacidad de fijación de yodo es del orden de 20 mg por 100 mg de amilosa; esta propiedad se debe a la conformación en hélice de esta macromolécula, en la cual todos los grupos hidrófilos están orientados hacia el exterior mientras que los grupos hidrófobos lo están hacia el interior. Esta capacidad de fijación de yodo es la base de la cuantificación analítica del almidón, de caracterización de la amilosa y la determinación de su proporción en el almidón en relación a la amilopectina (Buleon *et al.* 1998, Yoshimoto *et al.* 2000, Tester *et al.* 2004). El peso molecular de la amilosa varía según su origen botánico, el cuidado puesto en su aislamiento y el método utilizado. Se considera que los valores válidos para la amilosa son 1,1 a 1,9 millones de Daltons. En general, parece que la amilosa de las raíces y tubérculos tienen pesos moleculares mayores que los cereales (Fennema 2010).

Presenta una disposición espacial helicoidal mediante uniones de puente de hidrógeno que pueden debilitarse y romperse fácilmente por acción del pH y temperatura. Este hecho provoca una mayor movilidad de la molécula y una reordenación de la amilosa con nuevos enlaces intermoleculares que se conoce con el nombre de retrogradación (Cubero y Villalta 2002). La amilosa tiene una masa molecular aproximadamente 1×10^5 – 1×10^6 Dalton (Da) con un promedio de 500 a 6 000 unidades de D-glucosa, repartidas en un número de cadenas que va de 1 a 20 (Bello *et al.* 2002).

Hernández *et al.* (2008), reportaron un 83 % de amilosa para almidón nativo de yuca.

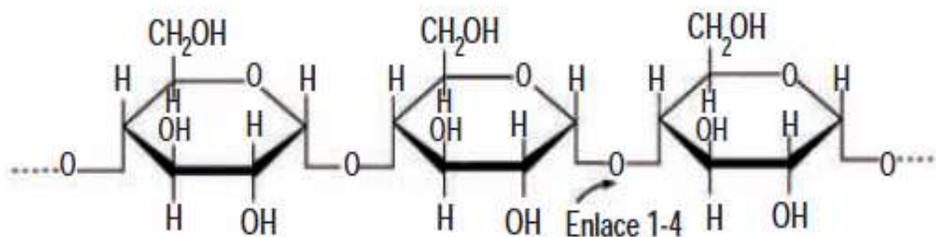


Figura 1. Estructura química de la amilosa.

Fuente: Bello *et al.* 2002.

Amilopectina

Es un polímero ramificado formado por unidades de α -D-anhidro glucosas unidas mediante enlaces α (1,4) en las zonas lineales, y enlace α (1,6) en las zonas de ramificación (Figura 2). Su estructura abierta, facilita la hidratación de la molécula e impide o retrasa el fenómeno de retrogradación. Al presentar ramificaciones, dificulta la movilidad y reorientación de la molécula, disminuyendo así la retrogradación y consiguiendo soluciones más estables (Cubero y Villalta 2002). Para almidón nativo de yuca Hernández *et al.* (2008), reportaron un 17 % de amilopectina.

La masa molar de la amilopectina varía entre 1×10^6 y 1×10^8 Da, estas variaciones dependen del origen botánico del almidón, de las condiciones de fraccionamiento de las moléculas de amilosa y amilopectina y del método usado para determinar la masa molar (Bello *et al.* 2002).

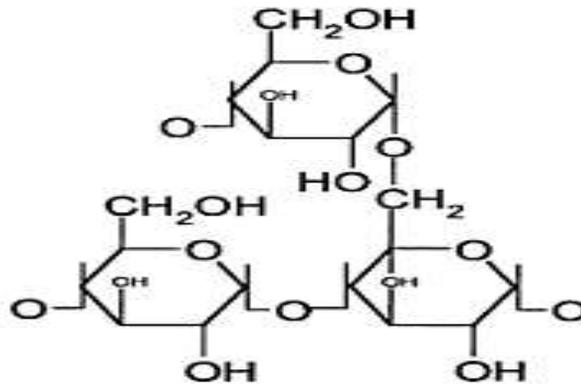


Figura 2. Estructura de la molécula de amilopectina.

Fuente: Bello *et al.* 2002.

CLASIFICACIÓN DEL ALMIDÓN

El almidón se puede clasificar como nativo y modificado, según se indica a continuación:

Almidón nativo

Es aquel obtenido a partir de fuentes botánicas sin someterse a ningún tratamiento químico, físico o fermentativo. El uso de almidones sin modificar es limitado debido a sus bajas propiedades mecánicas, insolubilidad en agua fría, su alta viscosidad, así como su incompatibilidad con algunos solventes y polímeros (Peñaranda 2008).

Almidón modificado

Según Aristizábal y Sánchez (2007) el almidón nativo puede modificarse por la aplicación de tratamientos físicos, químicos o enzimáticos con la finalidad de producir cambios en su estructura nativa de modo de conferirle propiedades físicas, químicas y funcionales para aplicaciones

específicas. Estos almidones por lo general imparten diversos grados de viscosidad, muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-deshielo. Las modificaciones físicas incluyen la pre-gelatinización y la hidrólisis parcial (dextrinado) mientras que las modificaciones químicas involucran la introducción de grupos laterales y la formación de uniones intermoleculares o la oxidación (Aristizábal *et al.* 2007). Como la tendencia actual es hacia lo natural, las modificaciones químicas se prefieren cada vez menos, y se opta por procesos más naturales como la fermentación, si se tiene como intención usar esos almidones en la elaboración de productos horneados.

FERMENTACIÓN

Según Puerta (2010), la fermentación se lleva a cabo por medio de procesos metabólicos de las levaduras y de varias bacterias que transforman compuestos químicos orgánicos, principalmente azúcares, en otras sustancias orgánicas más simples como etanol, ácido láctico y ácido butírico. Los procesos de fermentación han sido usados por el hombre desde hace miles de años, con el fin de preservar los alimentos y para producir bebidas y alimentos comestibles con sabores, texturas y aromas específicos. Existen varios tipos de fermentación según el microorganismo, el sustrato y las condiciones. El Cuadro 3, muestra los tipos de fermentación, los microorganismos involucrados, el sustrato y los productos.

En el caso particular de los almidones, la fermentación es un proceso que ocurre de forma natural, donde el almidón sirve de sustrato para el crecimiento de las bacterias. Las bacterias predominantes en este tipo de fermentación son las lácticas, cuyo rápido crecimiento se ve evidenciado por la drástica disminución del pH (Vargas y Hernández 2013).

Cuadro 3. Tipos de fermentación y sus productos industriales

Tipo de fermentación	Microorganismos Fermentadores	Sustratos	Productos
Alcohólica o etanolica	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , S. <i>ellipsoideus</i> , S. <i>anamensisi</i> , S. <i>carlsbengnesi</i> , <i>Candida seudotropicalis</i> , <i>Torulopsis spp.</i> , <i>Mucor spp.</i> , <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Sarcina ventriculi</i> , <i>Zymomonas mobilis</i>	Malta de cebada, cereales, arroz, maíz, trigo, jugo de vid, caña de azúcar, melaza, sorgo, jugos de frutas, remolacha, suero de leche, soya.	Etanol, vinos, cervezas, licores, bebidas destiladas, pan, salsas.
Láctica homofermentativa	<i>Streptococcus thermophilus</i> S. <i>Lactis</i> , <i>S. faecalis</i> , <i>Pediococcus cerevisiae</i> y por la mayoría de los <i>Lactobacillus</i> como <i>L. lactis</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. casei</i>	Leche, suero de leche, vegetales, sacarosa.	Yogurt, suero de leche, quesos, mantequilla, kumis, encurtidos.

Fuente: Puerta 2010.

Continuación Cuadro 3. Tipos de fermentación y sus productos industriales

Tipo de fermentación	Microorganismos Fermentadores	Sustratos	Productos
Láctica heterofermentativa	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> y <i>L. fermenti</i> , <i>Bifidobacterium bifidus</i> .	Leche, suero de leche, vegetales, sacarosa	Yogurt, suero de leche, quesos, mantequilla, kumis, encurtidos
Butírica o butanoica	<i>Clostridium butyricum</i> y <i>Clostridium spp.</i>	Polisacáridos, Almidón, glucógeno, pectina), glucosa, proteínas, aminoácidos, xantina.	Ácidos, butírico, acéticos, fórmico, láctico, succínico, butanol y otros alcoholes y cetonas

Fuente: Puerta 2010.

Según Chiquiza *et al.* (2016), el proceso de fermentación se lleva a cabo en tres fases; en la primera fase, se desarrolla una microbiota poco exigente, que consiste principalmente en los grupos coliformes y mesófilos aerobios. En la segunda intervienen microorganismos más exigentes identificados como productores de ácidos orgánicos, mucho de los cuales pertenecen a las bacterias ácidos lácticas, y se caracterizan por ser microaerófilos o anaerobios. En cambio, en la tercera fase predominan las levaduras saprofitas. De las anteriores etapas, la acidificación láctica junto

con la energía suficiente de los rayos UV, dan como resultado la despolimerización parcial de las moléculas de almidón, lo cual producen pequeños fragmentos lineales. Estos últimos, junto con algunos radicales, ayudan a la reticulación de las moléculas de almidón restantes, formando una red tridimensional que le confiere las propiedades de expansión al almidón durante la cocción. También se modifican con la fermentación, las propiedades físicas, químicas y funcionales, que determinan la aplicación de este tipo de almidones, por lo que a continuación se describirán estas propiedades.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ALMIDONES

Entre las propiedades físicas y químicas más importantes se encuentran la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del gránulo (tamaño, color y forma, naturaleza cristalina), el peso molecular y el contenido de amilosa. La composición química de los almidones comerciales depende de la fuente botánica, del proceso de obtención y purificación, así como de las condiciones de almacenamiento (Beynum y Roels 1985, Ceballos y De la Cruz 2002), además, todos los almidones contienen pequeñas cantidades de proteínas, lípidos, y trazas de materiales inorgánicos (Moorthy 2002). En el Cuadro 4 se muestran algunas propiedades físicas y funcionales de varios almidones nativos de cereales, raíces y tubérculos.

Cuadro 4. Comparación de algunas propiedades físicas y funcionales de varios almidones nativos de cereales, raíces y tubérculos.

Almidón	Tipo	Morfología	Diámetro (µm)	Contenido de amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Temperatura de gelificación (°C)	Propiedades de la pasta
Maíz	Cereal	Redondo poligonal	5-30	25	62-72	80	Gel opaco
Maíz ceroso	Cereal	Redondo poligonal	5-30	<1	63-72	74	Claro cohesivo
Yuca	Raíz	Ondulado truncado	4-35	17	62-73	63	Claro cohesivo tendencia gelificar
Papa	Tubérculo	Ondulado esférico	5-100	20	58-64	64	Claro cohesivo tendencia gelificar
Trigo	Cereal	Redondo lenticular	1-45	25	59-64	77	Gel opaco
Arroz	Cereal	Esférico poligonal	3-8	19	68-78	81	Gel opaco
Sagú	Tronco	Ovalado truncado	15-65	26	69-74	74	Gel opaco

Fuente: Taggart 2004.

Contenido de humedad

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización al que se hayan sometido, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95 % en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existen en dos formas generales: “agua libre” y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales (Hart 1991).

Según Aristizábal y Sánchez (2007), el contenido de humedad de los almidones varía dependiendo del tipo de secado y éste se debe encontrar con un valor inferior al 13 %, lo cual resulta adecuado porque, cuando el almidón presenta un contenido superior a este valor (13 %) y se almacena, se favorece el desarrollo de microorganismos y a la vez, aumenta la posibilidad que se originen reacciones de fermentación, las cuales pueden aumentar la acidez titulable y disminuir el pH del almidón, con lo que se afectarían sus propiedades funcionales. Según FAO (2007), los valores aceptables del porcentaje de humedad en almidón de yuca nativo oscilan entre el 10 y 13 %. Hernández *et al.* (2008), reportaron un 9,48 % de humedad para almidón de yuca nativo. En cuanto a almidón de yuca fermentado, Marcon *et al.* (2007) reportaron valores de % humedad de 13,68-14,75 %, mientras que Ríos y Aguila (2001) encontraron para almidón de yuca fermentado durante 25 días un 13,7 % de humedad y Morales *et al.* (2012), encontraron un contenido de humedad de 10,7 % para almidón de yuca fermentado.

Contenido de ceniza

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. El valor principal de la determinación de cenizas y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo, en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación (Caravaca *et al.* 2003).

No obstante, en los almidones nativos y modificados, el contenido de cenizas varía ampliamente en función de la fuente botánica, del método de extracción y del tipo de modificación. Los valores de referencia para el contenido de cenizas en almidón de yuca nativo según FAO (2007) deben ser menores a 0,12 %. Hernández *et al.* (2008) reportaron para almidón nativo de yuca 0,29 % y Marcon *et al.* (2007) reportaron 0,11 % para almidón nativo de yuca. En relación al almidón fermentado de yuca investigadores como Ríos y Aguila. (2001) reportaron un 0,3 % para ceniza y Morales *et al.* (2012), reportaron 0,05 % para almidón de yuca fermentado.

Lípidos

Los lípidos presentes en los gránulos de almidón se encuentran formando complejos de inclusión con las moléculas de amilosa; dichos

complejos son insolubles en agua fría, pero se disocian al calentarse a temperaturas superiores a los 125 °C. Entre los principales ácidos grasos que conforman los lípidos contenidos en los almidones se encuentran el ácido palmítico, el ácido oleico, el ácido linoleico y los fosfolípidos. El contenido de lípidos en los almidones de tubérculos como la papa, el camote y de raíces como la tapioca (yuca) es muy pequeño (<0,1 %) comparado con los almidones provenientes de cereales (maíz, trigo, arroz, cebada y sorgo), los cuales contienen de 0,6 a 1,0% de lípidos (Tester *et al.* 2004, Debet y Gidley 2006).

Los lípidos tienen un marcado efecto en la calidad y en las propiedades físicas y funcionales de los almidones, estos disminuyen la capacidad de retención de agua; son causantes de la formación de sabores indeseables durante el almacenamiento debido a su rancidez, da lugar a pastas, películas turbias y opacas debido a la formación de complejos de amilosa-lípidos insolubles, lo que afecta la viscosidad de los geles preparados con estos almidones (Beynum y Roels 1985; Crowe *et al.* 2000, Hsu y Huang 2000). Morales *et al.* (2012) reportaron un contenido de lípido para almidón fermentado de yuca de 0,05 %.

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS ALMIDONES

El almidón tiene diversidad de usos en la industria de alimentos sea como espesante, relleno, aglutinante y/o como estabilizador, estos efectos principalmente se deben a sus propiedades funcionales, las cuales se determinan para describir la futura aplicación del almidón. A continuación, se explican algunas de las propiedades funcionales de los almidones como la gelatinización, la capacidad de absorción de agua, poder de hinchamiento, retrogradación y sinéresis.

Gelatinización

Bemiller y Whistler (2009) describen a la gelatinización como el colapso del orden molecular del gránulo de almidón, que se manifiesta en cambios irreversibles en las propiedades tales como hinchazón granular, fusión de los gránulos cristalinos (originando gránulos amorfos), pérdida de birrefringencia y solubilización del almidón. El punto de gelatinización inicial y el rango sobre el que se produce, se rige por la concentración de almidón, método de observación, tipo de gránulo, y heterogeneidades dentro de la población de gránulos en observación.

La gelatinización en una escala macroscópica produce un engrosamiento y pérdida de opacidad (se debe tener en cuenta que la gelatinización es muy diferente de la formación de gel (gelificación), en donde se crea un semisólido con estructura tridimensional a partir de un líquido y sólido, la cual puede ir acompañada por el aumento de turbidez (Bemiller y Whistler 2009).

El colapso del orden molecular se produce cuando la temperatura del almidón inmerso en agua llega entre 60 y 70 °C, donde los gránulos insolubles se ven afectados por la energía suministrada, lo que origina la pérdida de la organización molecular y en consecuencia la pérdida de su cristalinidad. En este proceso se da un aumento de la solubilización de almidón y la viscosidad, que son resultados de un cambio irreversible tal como la interrupción de la estructura granular y semicristalina, lo que es observado como la pérdida de la birrefringencia (Bertolini 2010).

Tovar (2008) cita que el proceso de gelatinización puede estar influenciado por diversos factores (tiempo, temperatura, humedad,

almacenamiento y/o preparación del material), por ello se utilizan diferentes técnicas para su investigación como: punto final de birrefringencia, viscosidad, difracción de rayos-x, valoración azul del complejo amilosa/yodo, digestibilidad enzimática, resonancia magnética nuclear, calorimetría diferencial de barrido (DSC), entre otras.

La temperatura de gelatinización, también se puede medir utilizando la metodología propuesta por Garnica *et al.* (2010) o utilizando un viscoamilógrafo, el cual es un aparato con el que se puede medir el comportamiento del gel y la temperatura inicial de gelatinización de una forma más precisa. Hernández *et al.* (2008), reportan que la temperatura de gelatinización para almidón nativo de yuca oscila entre 55-70 °C, estos valores coinciden con los reportados por Nuwamanya *et al.* (2010) que oscilaron entre 63,28-70,4 °C, para almidones nativos extraídos de diferentes variedades de yuca. González y Arévalo (2013), reportaron valores de 62,5; 62,83 y 63,17 para almidones nativos de yuca extraídos de tres lotes diferentes y Alvis *et al.* (2008), reportaron valores que oscilan entre 61 y 63 °C. 61,7 °C. Da Silva *et al.* (2015), encontraron para almidones nativo y fermentado de yuca una temperatura de gelatinización de 61,7 °C y 60,3 °C respectivamente.

Capacidad de absorción de agua

Durante la capacidad de absorción de agua del almidón se produce una degradación de los polímeros de éste, formándose fragmentos que generalmente son solubles en agua y, por ello el índice de solubilidad es un buen indicador del grado de degradación de estos polímeros (Araujo *et al.* 2004). Al separarse fragmentos de la cadena de almidón se facilita la

formación de uniones de puentes hidrógeno con el agua y la amilosa, lo que beneficia la absorción de agua.

Poder de hinchamiento

El almidón tiene la capacidad de incrementar su volumen y peso, cuando se brindan los medios necesarios para hincharse libremente en agua. El hinchamiento depende de las fuerzas asociadas dentro de la red del gránulo del almidón (composición química de amilosa y amilopectina, grado de disociación, tamaño del gránulo, entre otros). En presencia de agua, los gránulos de almidón empiezan a hincharse y a embeber el agua, cuando se aplica energía, las moléculas de agua rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares en la región amorfa y penetran al gránulo causando el hinchamiento del mismo. Si se continúa incrementando el calor, la dispersión de almidón perderá la conformación micelar provocada por la absorción de agua y el incremento de tamaño del gránulo con un probable incremento en la cantidad de sólidos solubles. El grado de hinchamiento y la cantidad de solubles dependerá de la especie, fuente de almidón, tamaño del gránulo, entre otros factores (Bemiller y Whistler 2009).

El poder de hinchamiento proporciona evidencia de la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón, y de la proporción bajo la cual se encuentran las regiones amorfas y cristalinas. La extensión de la interacción está determinada por la amilosa, la proporción de amilopectina y las características de la amilosa y la amilopectina en términos de peso molecular, grado de ramificación, longitud de las cadenas ramificadas y conformación de las moléculas (Ratnayake *et al.* 2002 citado por Techeira 2008).

Investigadores como Acosta y Blanco (2013) obtuvieron valores de poder hinchamiento de 5,70 %. Por otro lado, Nuwamanya *et al.* (2010) reportaron valores de poder de hinchamiento que oscilan entre 7,53-10,77 % para almidones nativos extraídos de diferentes variedades de yuca en estudio. Por su parte González y Arévalo (2001), reportaron valores de 10,76; 11,22 y 11,6 % para almidones nativos extraídos de tres lotes de yuca.

COLOR

El atributo color, evento psicofísico de gran relevancia en la calidad de los productos alimenticios, está relacionado con las cualidades sensoriales (que determina la aceptabilidad de los mismos por el consumidor) y la composición química y, por lo tanto, es uno de los factores que define la calidad del producto, final, donde las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* están relacionadas con la percepción fisiológica del color: claro u oscuro, rojo o verde y amarillo o azul. Es fundamental recordar que el ojo humano, cuando aprecia el color de un objeto, no distingue separadamente la cantidad de "verde-rojo, amarillo-azul o claridad, sino que percibe un color que podría calificar como "claro u oscuro, vivo o apagado" y el tono que es el color en sí. Por ello, en muchos casos no resulta intuitivo analizar los valores por separado. De allí la importancia de analizar el color en términos de atributos de la percepción visual: tono (el color mismo, asociado a la longitud de onda predominante), saturación o croma (su intensidad, vivacidad o pureza) y claridad (cantidad de luz percibida, o grado de claro u oscuro) (Fiszman y Salvador 2005).

En almidones, el color es un indicador de calidad y su tendencia es hacia el blanco, por lo que los valores de L^* deben ser cercanos a 100, igual que los valores de índice de blanco. González y Arévalo (2001) reportaron valores de L^* de 96,918; 96,693; 96,895 y de índice de blanco (IB) 96,069; 95,925 y 96,055, para almidones nativos extraídos de tres lotes de yuca y Díaz *et al.* (2018) reportaron valores para L^* de 97,62 a 98,69 para almidones fermentados extraídos de diversas variedades de yuca. Por su parte, Julianti *et al.* (2011) reportaron un valor de L^* de 90,356 para almidón de yuca fermentado en agua durante 16 días. Como se observa los valores de L^* , reportado por los investigadores mencionados, todos tienden al blanco. El índice de blanco se usa como referencia para evaluar la eficiencia del método de extracción.

Al igual que el color los demás parámetros físicos, químicos y funcionales, son de mucha importancia porque pueden determinar las aplicaciones de los almidones y a su vez influir en la aceptabilidad del producto terminado, por ejemplo, un almidón con elevada capacidad de absorción de agua y que pueda conferir una mayor capacidad de expansión se aprovecha fácilmente para la elaboración de productos horneados como panes y galletas.

DEFINICIÓN DE GALLETAS

La norma COVENIN (2001) define galletas como el producto obtenido de la mezcla de harina de trigo y/o de otros cereales, con los ingredientes y aditivos contemplados en esta norma, relleno o no, cubierto o no, sometido a proceso de horneado y empaçado. Las galletas pueden clasificarse como dulces, cuyo sabor es predominantemente dulce (pueden ser rellenas o no,

cubiertas o no) y saladas, cuyo sabor tienen una connotación salada (pueden ser rellenas o no, cubiertas o no).

De acuerdo con Hanadev *et al.* (2013) una galleta de alta calidad, debe tener una dureza que le permita mantener la forma durante el transporte, pero capaz de fracturar cuando se mastica, color marrón, aspecto atractivo, sabor agradable y una alta tasa de expansión. La expansión de las galletas ocurre durante el horneado, cuando la masa se expande debido a la evaporación del agua y a los gases liberados por leudantes químicos, incrementando su diámetro de manera lineal durante un tiempo y luego se fija su estructura de manera repentina. La expansión de las galletas es causada por dos factores: la liberación de gases por parte de los leudantes químicos y a la disminución de la viscosidad provocada por la fusión de la grasa y la disolución del azúcar. El diámetro final de la galleta estará controlado por la velocidad de expansión y del tiempo en el que ocurra la fijación de la estructura (Hoseney y Rogers 1994; Miller y Hoseney 1997; Chevallier *et al.* 2000 citados por Moiraghi 2013).

ANTECEDENTES

González y Arévalo (2001) en su trabajo de investigación relacionado con la fabricación del polvillo ácido a partir del almidón de yuca, estudiaron el proceso de fermentación natural para verificar los cambios que ocurren en el almidón, observaron que modifica la composición química del almidón comprobando una disminución del pH y aumento de la acidez titulable, así como ligeras variaciones en el contenido de cenizas. Adicionalmente los investigadores evidenciaron que la fermentación disminuyó la viscosidad de la pasta.

Oyeyinka *et al.* (2019) en su investigación titulada efecto del tiempo de fermentación en las propiedades fisicoquímicas de almidón extraído a partir de la raíz de yuca observaron gránulos de almidón parcialmente fragmentados, con fisuras o micro-agujeros y más ásperos en la superficie con varios gránulos de almidón que se agrupan. También observaron una reducción significativa en el poder de hinchamiento y un incremento en la temperatura de gelatinización. Por su parte, Ladeira y Peña (2011) evaluaron las propiedades físico-químicas y tecnológicas de almidones fermentados de tres variedades de yuca y evidenciaron que el mayor índice de solubilidad en agua fue para el almidón fermentado extraído del cultivar Maranhense II (15 % a 70 °C) y en relación al índice de absorción de agua (IAA) observaron para todos los productos un valor medio de 20 g gel/ g de almidón hasta los 50 °C y a partir de los 70 °C evidenciaron un incremento en los valores de IAA.

Giuberti *et al.* (2017) evaluaron las características texturales y los aspectos nutricionales de galletas libres de gluten elaboradas a partir de harina de arroz (100 %) y a partir de una mezcla de harina de arroz (50 %)-almidón de arroz (50 %), mostrando que las galletas con mayor contenido de almidón fueron más duras citando al respecto que presumiblemente los gránulos de almidón permanecieron en su forma nativa durante el horneado y no formaron una estructura continua, lo que posiblemente provocó un aumento de la dureza y reportaron que los valores de tasa de expansión de las galletas elaboradas a partir de harina de arroz (100 %) y mezcla de harina-almidón son iguales a 4,9 cm³/g.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de: Nutrición Animal y Forraje, Tecnología de Alimentos, Química, Suelos y de Desarrollo de plantas y post-cosecha de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima que se utilizó para la extracción del almidón de yuca se obtuvo de cultivos ubicados en el Pinto, municipio Piar, estado Monagas.

OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

El almidón de yuca, nativo y fermentado, se obtuvo siguiendo la metodología de Alarcón y Dufour (2002). En la Figura 3, se presenta el diagrama del proceso de extracción del almidón de yuca, nativo y fermentado, el cual se describe a continuación:

Recepción de la materia prima

Las raíces de yuca dulce provenientes del Pinto, municipio Piar, se inspeccionaron con la finalidad de descartar cualquier raíz dañada, mordida por roedores o podrida.

Lavado y pelado

Las raíces de yuca se lavaron con agua corriente con la finalidad de eliminar la tierra y las impurezas adheridas a la cáscara. Después de lavarlas

se procedió a pelarlas con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable marca Magefesa. Se utilizaron 100 kg de yuca.

Pesado

El pesado de la materia prima se realizó en una balanza analítica digital marca Saco, cuya capacidad era de 40 kg con una apreciación de 0,005 g.

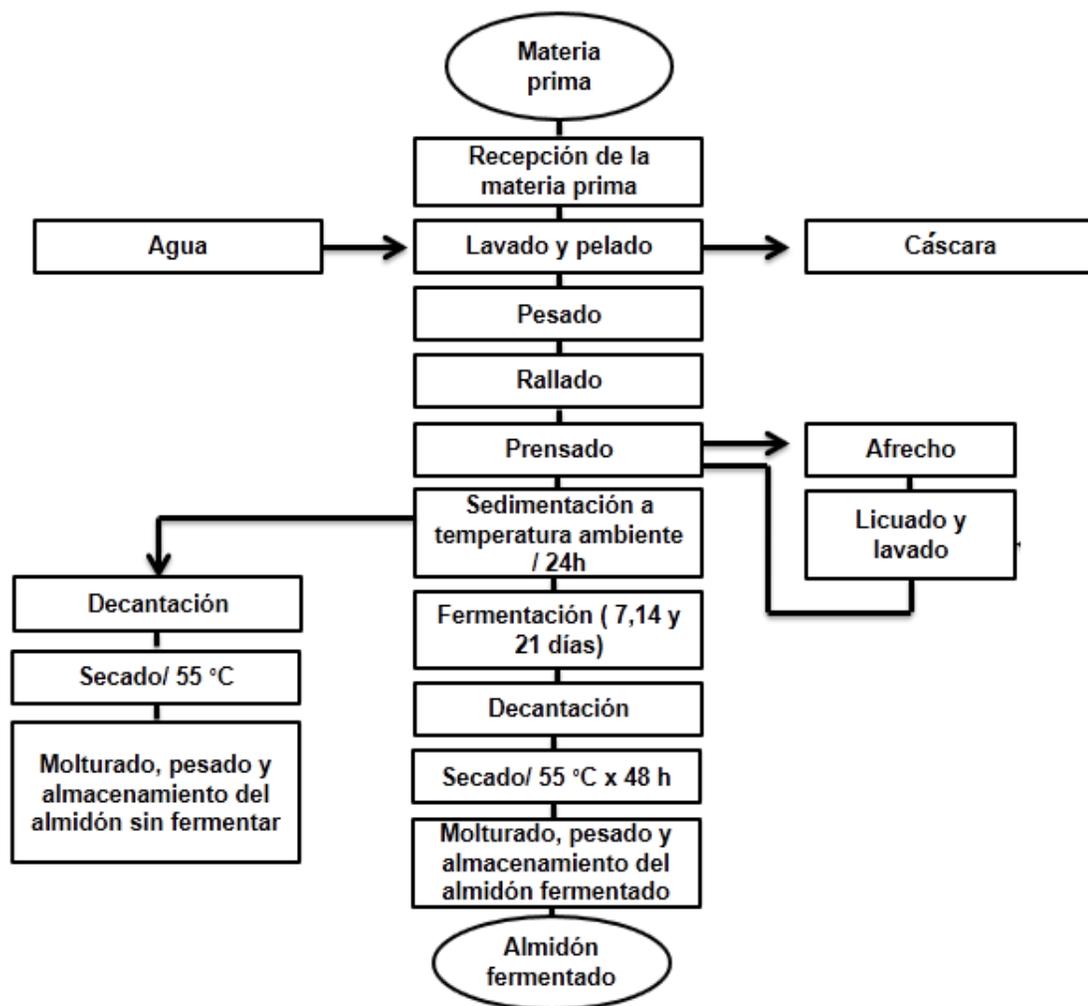


Figura 3. Diagrama del proceso de extracción de almidón de yuca, nativo y fermentado, establecido por Alarcón y Dufour (2002)

Rallado

Se ralló la yuca sin cáscara utilizando un rallo de acero inoxidable marca Press.

Prensado

Se llevó a cabo utilizando una tela de muselina, donde se colocó la yuca rallada, constituida por el almidón y el afrecho y posteriormente se prensó de forma manual, con la finalidad de separar el almidón liberado del afrecho.

Licuada y Lavado

El almidón aún retenido en el afrecho obtenido en el paso anterior, se liberó colocando 300 g de este en una licuadora marca Oster con 700 mL de agua y se agitó por aproximadamente un minuto a 3000 rpm. Luego la mezcla formada por agua, almidón suspendido y afrecho se prensó usando una tela de muselina y se lavó con suficiente agua. El proceso descrito anteriormente se repitió hasta que el agua del filtrado salió clara, reflejo de que se extrajo la mayor cantidad de almidón posible.

Sedimentación

La suspensión de almidón obtenida en el prensado se colocó en un envase de polietileno de 50 cm de alto por 30 cm de ancho y se dejó en reposo a temperatura ambiente (25 °C) por un período de 24 horas, para obtener el almidón nativo.

Fermentación

Se colocó la suspensión de almidón en envases de polietileno de 50 cm de alto y 30 cm de ancho a temperatura ambiente por periodos de 7, 14 y 21 días. Se realizó un total de tres repeticiones.

Decantación

Transcurrido el tiempo fermentación 7, 14 y 21 días, se decantó el sobrenadante y se desechó. El almidón se colocó en una bandeja de vidrio para su posterior secado.

Secado

Esta operación se llevó a cabo en una estufa a 55 °C durante 48 horas.

Molturado, pesado y almacenamiento del almidón

El almidón seco se trituró a temperatura ambiente en un mortero y el polvo resultante se pesó en una balanza digital marca Saco cuya capacidad es de 40 Kg con una apreciación de 0,005 g y luego se almacenó en bolsas de polietileno.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (% R) DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO

Para determinar el porcentaje de rendimiento se utilizó la metodología descrita por Ashveen *et al.* (2008). Se pesó la parte comestible de la yuca

antes de extraer el almidón y luego se pesó el almidón seco obtenido. El porcentaje de rendimiento se determinó usando la fórmula de Ashveen *et al.* (2008).

$$\%R = \frac{PAS}{PY} \times 100$$

Donde

%R= Porcentaje de rendimiento
PAS= Peso del almidón seco
PY= Peso de la yuca sin cáscara.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA (HUMEDAD, CENIZA, PH, ACIDEZ TITULABLE) DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO

Determinación del porcentaje de humedad

El procedimiento utilizado para determinar el porcentaje de humedad es el contemplado en COVENIN (1980) con algunas modificaciones.

Procedimiento:

- Los crisoles se secaron a 105 °C en una estufa convencional durante 24 horas llevándolos a peso constante.
- Transcurridas las 24 horas los crisoles se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador. Cuando alcanzaron la temperatura ambiente se pesaron en una balanza analítica (marca Adventurer OHAUS, U.S.A).
- En los crisoles previamente pesados se añadieron 5 gramos de almidón y se colocaron en la estufa a 105 °C por un periodo de 24 horas.

- Transcurrido el tiempo se sacaron los crisoles de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador y posteriormente se pesaron en una balanza analítica, Adventurer OHAUS, U.S.A.
- El porcentaje de humedad, se calculó usando la siguiente expresión (COVENIN 1980).

$$\% \text{Humedad} = \frac{100 - [(cv + MS) - cv]}{MH} \times 100$$

Donde:

MH= Peso de la muestra húmeda

cv= Peso del crisol vacío

MS= Peso de la muestra seca

Determinación del contenido de ceniza

El contenido de ceniza se determinó de acuerdo a la metodología establecida en COVENIN (1981)

Procedimiento:

- La muestra usada para determinar humedad se colocó en una Mufla a 550 °C por 3 horas.
- Después de apagar la mufla, los crisoles se sacaron cuando la temperatura de la mufla alcanzó los 150 °C, y se dejaron enfriar en un desecador.
- Se pesaron los crisoles con la muestra en una balanza analítica, y se determinó el contenido de ceniza utilizando la siguiente fórmula (COVENIN 1981):

$$\% \text{Ceniza} = \frac{(cv + \text{ceniza}) - cv}{PM} \times 100$$

Donde:

cv= Peso del crisol vacío.

PM= Peso de la muestra.

Determinación del pH

El pH se determinó de acuerdo con las metodologías establecidas por COVENIN (1979) y por el ISI (1999) con algunas modificaciones.

Procedimiento:

- Se calibró el potenciómetro (pH-metro portable marca Sartorius modelo PT-10) con las soluciones tampón pH 4,0 y pH 7,0.
- Se mezclaron 10 g de almidón en base seca con 90 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) y a temperatura ambiente con agitación constante durante 15 minutos.
- Se filtró la suspensión.
- Del filtrado se tomó una alícuota y se midió el pH

Determinación de la acidez titulable

Se determinó de acuerdo con la metodología planteada en ISI (1999), por titulación con hidróxido de sodio usando fenolftaleína como indicador.

Procedimiento:

- Se calibró el potenciómetro (pH-metro portable marca Sartorius modelo PT-10) con las soluciones tampón pH 4,0 y pH 7,0 para asegurarse de trabajar con un equipo calibrado.

- Se mezclaron 10 g de almidón en base seca con 90 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) y a temperatura ambiente con agitación constante durante 15 minutos.
- Se filtró la suspensión.
- Del filtrado se tomaron 25 mL y se tituló con hidróxido de sodio 0,017 N utilizando fenolftaleína como indicador hasta el viraje. La acidez titulable, se reportó como mEq de ácido láctico (mEqAL)/g de almidón y se determinó a través de la siguiente fórmula (ISI 1999):

$$\text{mEqAL} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}}}{\text{PM}}$$

Donde

N_{NaOH} = Normalidad del hidróxido de sodio.

V_{NaOH} =Volumen de hidróxido de sodio gastado.

PM= Peso de la muestra.

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS, CAPACIDAD EMULSIFICANTE, PODER DE HINCHAMIENTO, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA) DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

Determinación de la temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Garnica *et al.* (2010).

Procedimiento:

- Se pesaron 10 g de almidón en base seca, se formó una dispersión con agua destilada y luego se trasvasó a un balón aforado de 100 mL y se le añadió agua hasta la línea de aforo.
- En una plancha de calentamiento se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C.
- Se tomaron 25 mL de la suspensión de almidón y se añadió en un vaso de precipitado de 100 mL.
- Se introdujo el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Se agitó con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se formó una pasta y la temperatura permaneció estable por unos segundos.
- Se leyó la temperatura de gelatinización.

Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)

Se determinó según metodología propuesta por Bryant y Hamaker (1997) con algunas modificaciones.

Procedimiento:

- Se añadió a tubos de centrifuga, previamente pesados, 10 mL de una dispersión de almidón al 1 % en masa.
- Los tubos de centrifuga con la dispersión de almidón se colocaron en baño María a 80 °C durante 15 min. Con agitación a los 5 min y a los 10 min.
- Los tubos se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 min

- El sobrenadante se decantó y los tubos se dejaron en reposo por un período de 10 min.
- Transcurrido el tiempo de reposo se drenaron los tubos, luego se pesaron.

La ganancia de peso se utilizó para determinar la capacidad de retención de agua a través de la siguiente expresión (Bryant y Hamaker 1997)

$$\%CRA = \frac{[(PTCV + Muestra) - PTCV]}{PM} \times 100$$

Donde

PTCV= Peso tubo de centrifuga vacío.

PM= Peso de la muestra.

Determinación del índice de absorción de lípidos (IAL)

Representa la cantidad de aceite absorbida por cada 100 g de muestra. Se determinó empleando la técnica usada por Granito *et al.* (2009).

Procedimiento:

- Se añadieron 3 mL de aceite comestible a 0,5 g de muestra en tubos de centrifuga, los cuales se agitaron por un minuto.
- Luego los tubos de centrifuga con el almidón y aceite, se colocaron en baño María a 24 °C por 30 min.
- Transcurrido los 30 min, los tubos se centrifugaron a 3000 rpm por 1 min.

- Después de centrifugar se midió el volumen de aceite que no fue absorbido.

El índice de absorción de lípidos se determinó usando la siguiente expresión (Granito *et al.* 2009)

$$\%IAL = \frac{(\text{mL iniciales de aceite} - \text{mL excedentes de aceite})}{PM} \times 100$$

Determinación de la capacidad emulsificante (CE)

Se determinó de acuerdo con la metodología usada por Granito *et al.* (2009).

Procedimiento:

- En un beacker, se mezcló un gramo de almidón con 20 mL de agua destilada.
- Se agitó la suspensión por un periodo de 15 min ajustándose a pH 7.
- Se añadió la suspensión a un balón aforado de 25 mL, y se le añadió agua hasta la línea de aforo.
- Luego se mezcló en una licuadora Oster, 25 mL de esta suspensión con 25 mL de aceite comestible y se licuó durante un min a 3600 rpm.
- El producto obtenido se centrifugó a 3000 rpm durante un min.
- Se midió con una regla, la altura de la capa emulsificada.

La capacidad emulsificante se reportó como porcentaje y se determinó de acuerdo a la siguiente expresión (Granito *et al.* 2009):

$$\%CE = \frac{(\text{Altura de la capa emulsificada})}{\text{Altura total de la emulsión}} \times 100$$

PODER DE HINCHAMIENTO (PH), ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA), ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA).

Se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Anderson *et al.* (1969).

Procedimiento:

- Se pesaron tubos de centrifuga secos a 60 °C.
- Se pesaron en los tubos 1,25 g de almidón (en base seca) y se le añadieron exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C. Se agitó (sin excederse).
- Se colocaron los tubos en baño de María a 60 °C durante 30 min. y se agitó la suspensión a los 10 min. de haber iniciado el calentamiento.
- Transcurrido los 30 min, se centrifugó a 3000 rpm durante 30 min.
- Se decantó el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y se midió el volumen.
- Se tomaron 10 mL del sobrenadante y se colocó en un vaso de precipitado de 50 mL (previamente pesado).
- Se secó el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Se pesó el tubo de centrífuga con el gel.
- Se pesó el vaso de precipitado con los solubles.
- PH, IAA e ISA se determinó empleando las expresiones (Anderson *et al.* 1969):

$$PH = \frac{[\text{Peso del tubo de centrifuga con gel}] - [\text{Peso del tubo de centrifuga}]}{\text{Peso de la muestra} - \text{peso de solubles}}$$

Donde

PH= poder de hinchamiento

$$ISA = \frac{\text{Peso de Solubles} \times V \times 10}{\text{Peso de la muestra}}$$

Donde:

V: volumen

ISA= Índice de solubilidad en agua.

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra}}$$

Donde

IAA= índice de absorción de agua

Determinación de los parámetros de color L*, a* y b* y del índice de blanco de almidón de yuca nativo y fermentado

Las medidas de los parámetros L*, a* y b* se realizaron según metodología propuesta en el Hunter Lab Manual (2001) y Giese 1995, haciendo uso de un colorímetro marca Hunter Lab, con un ángulo de incidencia de 0° y una reflexión igual 45°, en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente.

Procedimiento:

- Se colocó el almidón en cápsulas plásticas redondas de 10 mm de alto, se homogeneizó y compactó la muestra lo mejor posible a fin de garantizar el mismo espesor y la mayor estabilidad al momento de hacer las lecturas.
- El lector del colorímetro se colocó en la parte superficial de la muestra y se anotó la lectura de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* . Se tomaron diez medidas por cada muestra.

Índice de blanco (IB)

El índice de blanco se determinó a partir de los valores L^* , a^* , b^* , usando la siguiente expresión propuesta por Chin-Lin *et al.* (2003):

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

Donde:

L^* =Luminosidad

a^* =Indica las tonalidades rojo-verde

b^* = indica las tonalidades amarillo-azul

ELABORACIÓN DE GALLETAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

La formulación para la elaboración de las galletas dulces se hizo tomando como referencia la publicación realizada por eme de mujer, EME (2016), para la preparación de una galleta a base de almidón, típica del Ecuador con modificaciones. Se prepararon 4 formulaciones de galletas, una

con almidón de yuca sin fermentar y tres con almidón de yuca fermentado por 7, 14 y 21 días. En el Cuadro 5 se indica la formulación.

Procedimiento:

- En un bowl de vidrio se mezclaron 100 g de mantequilla con 150g de azúcar. La mezcla se realizó con la ayuda de una espátula de silicona hasta formar una masa cremosa.
- Luego de obtener la masa cremosa se agregaron 125 g de huevo y se continuó mezclando hasta lograr integrar por completo los ingredientes.
- A la mezcla anterior se le agregaron 250 g de almidón y mezcló hasta obtener una masa suave y homogénea.
- La masa resultante se estiró con un rodillo de madera hasta obtener un espesor de 5 mm y con un molde para galletas de 5 cm de diámetro se cortaron las galletas y se colocaron en una placa para horno.
- Las galletas se hornearon en un horno a gas marca Magic Queen a 220 °C por 20 minutos.
- Después de hornear las galletas se sacaron del horno y se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente, luego se empacaron en bolsas de polietileno de 500 g para su posterior análisis.

MEDIDA DEL PESO DE LAS GALLETAS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

El peso de las galletas se determinó en una balanza digital marca Bros de capacidad 600 g y apreciación 0,0001 g

Cuadro 5. Formulación para la elaboración de las galletas a partir de almidón de yuca fermentado.

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Almidón de yuca	250	34
Azúcar	150	34
Huevo	125	17
Mantequilla	100	13

MEDIDA DEL VOLUMEN Y DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN ESPECÍFICO DE LAS GALLETAS

El volumen se determinó usando la metodología propuesta por Carrillo (2007).

Procedimiento:

- En un beacker de 250 mL y de radio de 33 mm, se colocaron semillas de alpiste a una altura de 5 cm.
- Las semillas se trasladaron a otro recipiente, y en el beacker se colocó una galleta y se vaciaron las semillas de alpiste, en el beacker que contiene la galleta.
- Se midió la distancia desplazada, desde la altura de 5 cm hasta la superficie de las semillas.

El volumen se calculó a través de la siguiente expresión:

$$V = \Pi \times r^2 \times d_x$$

Donde:

$\Pi = 3,1466$

r= radio(cm)

V= volumen

d_x = Es la distancia desplazada en cm.

MEDIDA DE LA DENSIDAD DE LAS GALLETAS

La densidad de las galletas se determinó utilizando la relación peso/volumen a través de la expresión:

$$d = \frac{P}{V}$$

Donde
d= densidad
P= Peso
V= Volumen

Volumen específico de las galletas

Se calculó como el cociente entre el volumen neto de la galleta y su peso, de acuerdo a la siguiente expresión matemática

$$V_{\text{específico}} = \frac{1}{d}$$

Donde
V= Volumen
d= densidad

DETERMINACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LAS GALLETAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

Se usó una escala hedónica de nueve puntos que va desde 1 me disgusta extremadamente hasta 9 me gusta extremadamente, desarrollada inicialmente por Peryam y Pilgrimen el año 1957 y con modificaciones de Hernández (2005) y de Cutullé *et al.* (2012), para determinar la aceptabilidad de cuatro (4) muestras de galletas (GF1, GF2, GF3 Y GF4,) mostrada en la

Figura 4. Para ello se utilizó un panel no entrenado integrado por 59 panelistas de sexo masculino y femenino con edades comprendidas entre 18 y 60 años, los cuales evaluaron los atributos: apariencia general, color, sabor, textura y aceptabilidad global. A cada uno de los panelistas se les entregaron las muestras de galletas codificadas con números de tres cifras, colocadas en bandejas de anime color blanco acompañadas de un vaso de agua potable. Los panelistas realizaron la evaluación sensorial de las galletas en un cuarto con paredes blancas, dotado de luz blanca y con aire acondicionado.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el almidón de yuca fermentado en diferentes tiempos, el experimento se realizó con un diseño de bloque al azar con efecto único y tres repeticiones, donde la fuente de variación la constituyen los tiempos de fermentación (7, 14, 21 días) y las variables dependientes son: % Rendimiento, % humedad, % ceniza, pH, acidez titulable, capacidad de retención de agua, índice de absorción de lípidos, capacidad emulsificante, índice de solubilidad en agua, parámetros L^* , a^* y b^* e índice de blanco (Figura 5).

Para las galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado, el experimento se realizó con un diseño de bloques al azar con efecto único, con tres repeticiones, donde la fuente de variación, la constituye el almidón fermentado en tiempos de (7,14, 21 días) y las variables dependientes son, densidad y volumen específico (Figura 6).

Nombre y Apellido _____ Fecha _____

Nombre del producto _____

Pruebe el producto que se presenta a continuación. Por favor utilizando la escala hedónica presentada abajo en esta planilla, evalúe los aspectos de apariencia general, color, olor, sabor, textura, aceptabilidad global y asigne un número a cada muestra de acuerdo a su apreciación.

Antes de probar la muestra sírvase de tomar un sorbo de agua.
Pruebe las muestras de izquierda a derecha.

Código de la muestra	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad global
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Escala hedónica

9. Me gusta extremadamente
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta ni me disgusta
4. Me gusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta extremadamente

Figura 4. Planilla de evaluación sensorial tipo escala hedónica de nueve puntos.

Fuente: Hernández 2005

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se evaluaron a través de un análisis de varianza (ANOVA), para conocer el efecto del tiempo de fermentación sobre las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos y su efecto sobre la densidad y volumen de las galletas. La corrida de los datos se realizó con el software IBM SPSS Statistics versión 8.0 y el método utilizado para discriminar entre las medias fue la prueba de

diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significación del 95 % ($p < 0,05$).

Los datos obtenidos a partir de la evaluación sensorial, se analizaron a través de un ANAVA de una sola vía y para discriminar entre las medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significación del 95 % ($p < 0,05$).

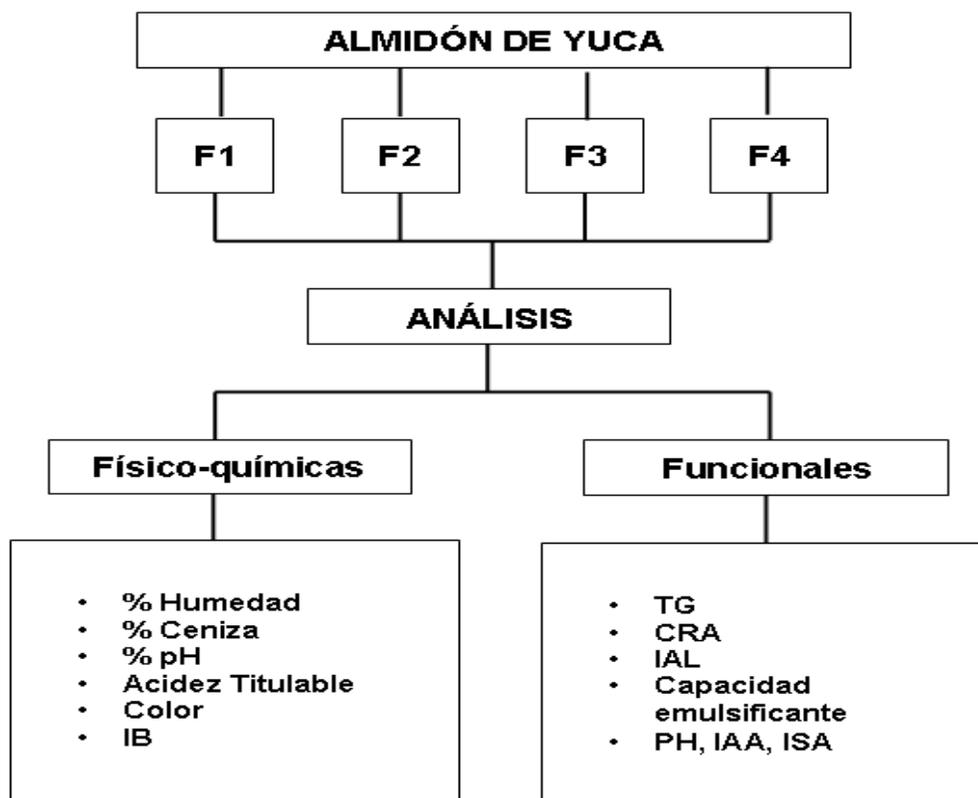


Figura 5. Diagrama experimental para almidón de yuca fermentado.

Donde

F1= Almidón sin fermentar.

F2= Almidón fermentado durante 7 días.

F3= Almidón fermentado durante 14 días.

F4= Almidón fermentado durante 21 días

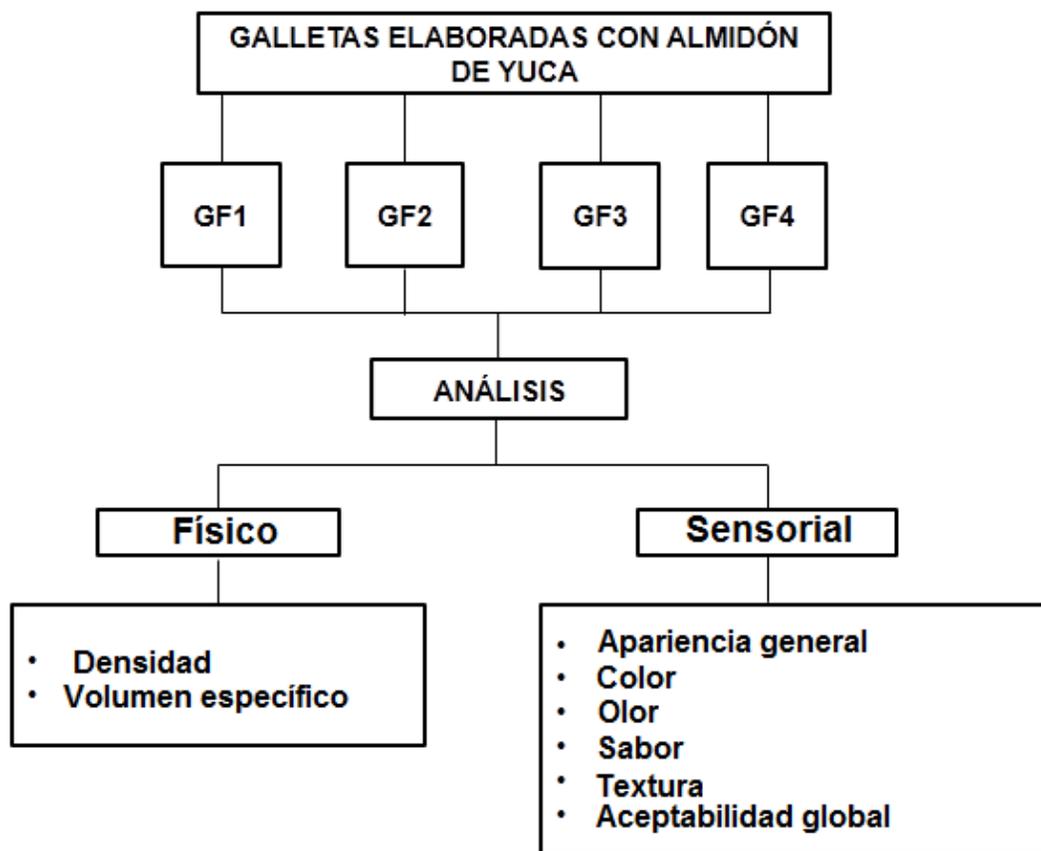


Figura 6. Diagrama experimental para galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado.

Donde

GF1= Galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar.

GF2= Galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 7 días.

GF3= Galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 14 días.

GF4= Galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 21 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (% R) DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO

En el Cuadro 6, se muestra el porcentaje de rendimiento de almidón de yuca sin fermentar y fermentado en tres periodos de tiempo en el que se evidencia que el mayor % R es para el almidón fermentado por 7 días (24,75 %) y el menor valor corresponde al fermentado por 21 días (20,91 %).

Cuadro 6. Porcentaje de rendimiento (% R) de almidón de yuca sin fermentar y fermentado a diferentes tiempos

Tiempo de fermentación (días)	% R
Sin fermentar (nativo)	22,85 ^a ± 2,97
7	24,75 ^a ± 0,83
14	22,37 ^a ± 1,92
21	20,91 ^a ± 1,67

La letra minúscula a, evalúa la interacción tiempo de fermentación sobre la variable dependiente porcentaje de rendimiento. Letras iguales en la misma columna significa que no hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El ANAVA presentado en el Cuadro 1 del Apéndice arrojó que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para el porcentaje de rendimiento del almidón de yuca fermentado en tres periodos de tiempo, implicando que los tiempos de fermentación estudiados no tienen ningún efecto sobre la variable porcentaje de rendimiento (% R).

En esta investigación se obtuvo el mayor porcentaje de rendimiento para almidón fermentado por 7 días (24,75 %), seguido del nativo (22,85 %) y fermentado por 14 días (22,37 %) y el menor porcentaje de rendimiento fue para el fermentado por 21 días (20,91 %). Al comparar estos resultados con los obtenidos por otros investigadores se evidencia que todos los valores están por encima del % R (18 %) reportado por Sánchez (2019) para almidón de yuca fermentado en periodos comprendidos entre 1 y 11 días y por el contrario los almidones fermentados por 14 y 21 días están por debajo de 22,6 %, valor de %R reportado por Alarcón y Dufor (2002) para almidón de yuca fermentado por 30 días, mientras que el %R del nativo y fermentado por 7 días son superiores a este valor. Los %R de los almidones nativo y fermentado por 7 y 14 días son similares a los reportados por Zuñiga (2019) para almidón de yuca nativo cuyos valores están comprendidos entre 20,70 y 22,74 %.

La variabilidad observada en los resultados del % R puede estar asociado a diferentes factores, como, por ejemplo, al proceso de extracción del almidón, también a las características de las raíces de yuca porque a pesar de ser de la misma cosecha y cultivo, se observó a la hora del rallado que algunas tenían una estructura más fibrosa; esto evidencia que la planta de yuca tenía una edad superior a los 12 meses al momento de la cosecha. Esta afirmación encuentra su soporte en la investigación de Aguilar *et al.* (2017), quienes demostraron que, si la planta se cosecha posterior a la edad óptima, que depende de la variedad, esto es entre 8 y 10 meses, se obtienen raíces duras con bajo contenido de almidón. Otro factor que influye en el rendimiento del almidón de yuca es la disponibilidad de agua durante las diferentes etapas del cultivo, sobre este particular Pastrana *et al.* (2014) en su investigación relacionada con la respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a la aplicación de riego en condiciones hídricas

diferentes concluyeron que la disponibilidad de agua durante el cultivo afecta positivamente el contenido de almidón en las variedades de yuca evaluadas.

El descenso observado en el %R a los 21 días de fermentación puede ser atribuido a los cambios que sufren los gránulos de almidón en su morfología durante el proceso de fermentación. Al respecto, Oyeyinka *et al.* (2019) evidenciaron que los gránulos de almidón nativo presentaron superficies lisas mientras que el almidón de yuca fermentado presentó gránulos parcialmente fragmentados, con fisuras o microagujeros y superficies ásperas. Alonso *et al.* (2016) también observaron microporos en la superficie de los gránulos de almidón fermentado durante 30 días. La fragmentación del almidón y los microporos pueden verse reflejados en un menor peso del almidón después del proceso de fermentación.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA (HUMEDAD, CENIZA, PH, ACIDEZ TITULABLE) DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO

A continuación, se presentan los resultados de humedad, ceniza, pH, acidez titulable obtenidos en este estudio.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO A DIFERENTES TIEMPOS

En el Cuadro 7, se muestran los resultados de porcentaje de humedad (%H) de almidón de yuca sin fermentar (nativo) y fermentado a diferentes tiempos, en el cual se observa que el máximo valor del % de humedad es para el almidón fermentado por 21 días (14,04 %) y el menor valor correspondió al almidón sin fermentar (13,69 %).

El ANAVA presentado en el Cuadro 2 del Apéndice arrojó que no hay diferencias estadísticamente significativas para los resultados de porcentaje de humedad de almidón de yuca fermentado, lo que significa que el tiempo de fermentación no ejerce efecto sobre la variable porcentaje de humedad.

Cuadro 7. Determinación del porcentaje de humedad de almidón de yuca nativo y fermentado en diferentes tiempos

Tiempo de fermentación (días)	Humedad (%)
Sin fermentar (nativo)	13,69 ^a ± 0,027
7	14,00 ^a ± 0,220
14	14,02 ^a ± 0,079
21	14,04 ^a ± 0,067

La letra minúscula a evalúa las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

En esta investigación se observó que el porcentaje humedad se incrementó con el tiempo de fermentación, obteniéndose el menor valor (13,69 %) para el almidón sin fermentar seguido consecutivamente por los almidones fermentado por 7,14 y 21 días, cuyos valores son 14,00 %, 14,02 % y 14,04 % respectivamente. Al comparar estos resultados con los de otros investigadores se evidencia que el valor de % Humedad de almidón de yuca sin fermentar se encuentra por debajo del % de humedad reportado por Nuwamanya *et al.* (2010); Aquino *et al.* (2016) y Álava *et al.* (2017) quienes obtuvieron para almidón de yuca sin fermentar valores de: 16,66 %; 15,06 % y 15,57 % respectivamente. Por el contrario, están por encima de los determinados por Granados *et al.* (2014) y Hernández *et al.* (2008) cuyos valores son 9,5 % y 9,48 % respectivamente, mientras que los resultados del % de humedad para los almidones fermentados están por encima de 8,04 % y son similares a 14,40 %, valores reportados por Cadena *et al.* (2006) y

cercanos a 13,7 % valor que corresponde a almidón fermentado de yuca por 25 días en la investigación de Rios y águila (2001). También se evidenció que todos los almidones evaluados se encuentran dentro del intervalo obtenido por Marcon *et al.* (2007) para % humedad en almidón de yuca fermentado comprendido entre 13,68 y 14,85 %.

El contenido de humedad es uno de los parámetros de calidad de mayor importancia en la industria de almidones porque influye de manera determinante en su conservación o resistencia al deterioro. Altos contenidos de humedad aceleran procesos de degradación hidrolítica de los componentes de los alimentos y propician el desarrollo de microorganismos que en el caso de los almidones pueden favorecer un proceso de fermentación que modifica la estructura nativa del almidón o el desarrollo de mohos que confieren una apariencia, olor y sabor que alteran la calidad de los mismos. La diferencia en el porcentaje de humedad observada entre el almidón fermentado a diferentes tiempos y el almidón nativo podría estar asociado con la humedad relativa del medio donde se almacenaron y también puede explicarse como una consecuencia del proceso de despolimerización que sufre el gránulo de almidón sometido a fermentación en el cual se forman azúcares que tienen grupos hidroxilos más expuestos que pueden fácilmente formar puentes de hidrógeno con el agua.

De acuerdo con COVENIN (2001) el máximo contenido de humedad permitido es del 15 % eso significa que los almidones evaluados están dentro de los parámetros de calidad exigidos por las normas venezolanas. El Centro internacional de agricultura tropical (CIAT) de Colombia recomienda para almidón fermentado un porcentaje de humedad comprendido entre 12 y 14 % (Alarcón y Dufour 2002). Aunado a esto, la Comisión Nacional de Normas y Estándares Alimentarios (CNNPA) de Brasil establece que el máximo de

humedad permitido para almidón fermentado es de 14 % y la FAO (2007) establece entre 10 y 13 % como valores permitidos de porcentaje de humedad. En este sentido, los almidones evaluados en este estudio se encuentran dentro de los estándares de calidad establecidos por el CNNPA y el CIAT, sin embargo, están ligeramente por encima del valor máximo reportado por la FAO (2007).

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN DIFERENTES TIEMPOS

El Cuadro 8 muestra el porcentaje de ceniza para almidón de yuca sin fermentar y fermentado en diferentes tiempos de fermentación, en el cual se evidencia que el mayor valor pertenece al almidón sin fermentar (0,1882 %) y el valor más bajo corresponde al almidón fermentado durante 21 días (0,0243 %).

El ANAVA mostrado en el Cuadro 3 del Apéndice, muestra que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) para los resultados del porcentaje de ceniza de almidón de yuca fermentado, lo que significa que el tiempo de fermentación ejerce un efecto sobre la variable porcentaje de ceniza. La prueba de comparación de medias (Cuadro 4 del Apéndice) arrojó que el porcentaje de ceniza del almidón sin fermentar es diferente al de los almidones fermentados por 7, 14 y 21 días, mientras que estos tres últimos almidones fermentados no mostraron diferencias entre sí.

Cuadro 8. Determinación del porcentaje de ceniza de almidón de yuca nativo y fermentado en diferentes tiempos

Tiempo de fermentación (días)	Ceniza (%)
Sin fermentar (nativo)	0,1882 ^a ± 0,0018
7	0,0249 ^b ± 0,0083
14	0,0259 ^b ± 0,0008
21	0,0243 ^b ± 0,0021

Las letras minúsculas a y b evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente porcentaje de ceniza. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

González y Arévalo (2001), encontraron en su investigación un porcentaje de ceniza para almidón de yuca sin fermentar igual a 0,27 %, valor que está por encima al obtenido en esta investigación para almidón sin fermentar (0,1882 %) y para almidones fermentados entre 5 y 25 días, reportaron valores comprendidos entre 0,26 y 0,30 % (Cuadro 1A del Anexo), cuyos valores son superiores a los determinados en esta investigación para almidones fermentados entre 7 y 21 días; sin embargo, a diferencia de este estudio en ambas investigaciones los tiempos de fermentación evaluados no tienen un efecto marcado en el porcentaje de ceniza.

El porcentaje de ceniza para almidón nativo obtenido en esta investigación está por encima del intervalo de valores comprendido entre 0,13 y 0,16 % reportados por Aquino *et al.* (2016); por el contrario, los % de ceniza de los almidones fermentados por 7, 14 y 21 días se encuentran por debajo de este intervalo. También se encuentran por debajo de los % de ceniza determinados por Rios y Águila (2001), Cadena *et al.* (2006), Marcon *et al.* (2007), Hernández *et al.* (2008) y Morales *et al.* (2012) para almidón

fermentado de yuca cuyos valores son 0,3 %; 0,22-0,54 %; 0,11 %; 0,29 % y 0,05 % respectivamente.

De acuerdo con COVENIN (1981) el contenido de ceniza representa la fracción mineral del material original y es utilizado como parámetro de calidad que sirve para identificar si el producto ha sido adulterado. Los almidones contienen relativamente pequeñas cantidades (<0,4 %) de minerales (calcio, magnesio, fósforo, potasio y sodio); el contenido fósforo es de primordial importancia y está presente principalmente en tres formas: como éster monofosfato, fosfolípido y fósforo inorgánico (Alcázar y Almeida 2015). De acuerdo con la FAO (2007) el contenido de ceniza en almidones no debe ser superior al 0,12 %, los valores de ceniza para el almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos obtenidos en esta investigación están por debajo de este valor, sin embargo, el almidón sin fermentar es superior a 0,12 %.

En el caso de los almidones de yuca, el contenido de ceniza, principalmente el contenido de fósforo influye significativamente en el comportamiento de sus propiedades funcionales, sobre ese particular Leonel *et al.* (2021) observaron que almidones de yuca con altos contenidos de fósforo presentan alto PH y alta solubilidad en agua y de acuerdo con estos investigadores, esto es porque las repulsiones entre los grupos fosfatos disminuyen las fuerzas intramoleculares en la estructura granular lo que incrementa la capacidad de las moléculas de almidón de formar puentes de hidrógeno con el agua. Alcázar y Almeida (2015) señalan que dependiendo de cómo se encuentre presente el fósforo afecta las propiedades funcionales como por ejemplo la claridad y viscosidad de la pasta y la solubilidad del almidón.

Las condiciones del cultivo también afectan el contenido de ceniza en los almidones, así lo demostraron Gao *et al.* (2022) al observar que un incremento en los niveles de nitrógeno durante la fertilización del cultivo de yuca se reflejó en un aumento en el contenido de ceniza en los almidones extraídos a partir de estas raíces.

El bajo contenido de ceniza observado en este estudio en los almidones fermentados pudiera estar asociado con el proceso de despolimerización del almidón confirmado en la investigación de Putri *et al.* (2011) a través del incremento de grupos carboxilos con el tiempo de fermentación, esta observación reafirmó que inicialmente en el proceso de fermentación los grupos hidroxilos en las moléculas de almidón son oxidados a grupos carbonilos y luego, estos a grupos carboxilos, este proceso junto al lavado del almidón al final de la fermentación pueden ocasionar pérdida de minerales. Figueroa *et al.* (2018) señalan que durante el proceso de extracción del almidón nativo los componentes que son solubles en agua como por ejemplo las vitaminas y el nitrógeno se pierden con el lavado.

DETERMINACIÓN DEL PH Y ACIDEZ TITULABLE EN ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO A DIFERENTES TIEMPOS

En el Cuadro 9, se muestran los resultados de pH para almidón de yuca fermentado, en el cual se observa que éste disminuye gradualmente con el tiempo de fermentación. El pH más básico lo presenta el almidón nativo (6,7) mientras que el pH más bajo (pH más ácido) corresponde al almidón fermentado durante 21 días (4,3).

Cuadro 9. pH y acidez titulable de almidón de yuca nativo y fermentados a diferentes tiempos

Tiempo de fermentación (días)	pH	Acidez titulable (mEq AL/g almidón)
Sin fermentar (nativo)	6,7 ^a ± 0,50	0,00118 ^a ± 0,00033
7	5,2 ^b ± 0,09	0,000488 ^b ± 0,00016
14	4,4 ^c ± 0,23	0,000541 ^b ± 0,00009
21	4,3 ^c ± 0,25	0,000596 ^b ± 0,00009

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente pH. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El ANAVA presentado en el Cuadro 5 del Apéndice evidencia que hay diferencias altamente significativas para los resultados de pH del almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos, lo que significa que el tiempo de fermentación ejerce un efecto sobre esta variable. Por otro lado, la prueba de comparación de medias (Cuadro 6 del Apéndice) arrojó que el pH del almidón de yuca sin fermentar es diferente al almidón fermentado por 7,14 y 21 días, mientras que el almidón fermentado por 14 y 21 días son iguales entre sí, pero diferentes a los demás.

En relación a los resultados de pH obtenidos por los investigadores que se mencionan a continuación, se tiene que el pH para el almidón sin fermentar encontrado en este estudio coincide con el reportado por Gonzáles y Arévalo (2001) para almidón de yuca sin fermentar (Cuadro 1A del Anexo), mientras que los valores de pH del almidón fermentado durante 7 y 14 días son similares a los reportados por este mismo autor a los 5 y 15 días de fermentación, cuyos valores están comprendidos entre 5,5-4,5 y el pH del almidón fermentado durante 21 días están por debajo del valor reportado por el autor para 20 días de fermentación. El pH observado en los almidones fermentados considerados en este estudio, están dentro del rango de valores

reportado por Aquino *et al.* (2016) quienes reportaron para almidón de yuca fermentado valores de pH comprendidos entre 3,11 y 4,82.

Por otra parte, se tiene que los resultados de pH obtenidos para el almidón nativo y para almidón fermentado por 7 días son superiores al reportado por Machado *et al.* (2012) para almidón de yuca fermentado y secado en estufa con lámpara de radiación (100-280 nm) adaptada y al reportado por Demiate y Kotovicz (2011) para almidón sin fermentar, cuyo valor en ambos casos es 4,9, mientras que los valores de pH de los almidones fermentados durante 14 y 21 días son inferiores a este valor, también se encontró que los valores de pH de los almidones evaluados en esta investigación están por encima de los reportados por Machado *et al.* (2010) para almidón de yuca fermentado cuyo valor es 2,82.

En cuanto a la acidez titulable (Cuadro 9) se observa que no hay patrón de comportamiento definido con respecto al tiempo de fermentación porque tiende a disminuir durante los primeros días de fermentación y luego su tendencia es a aumentar. El mayor valor de acidez titulable es para el almidón sin fermentar (0,00118 mEq AL/g almidón) y el menor valor corresponde al almidón fermentado durante 7 días (0,000488 mEq AL/g almidón).

El ANAVA mostrado en el Cuadro 7 del Apéndice arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los almidones fermentados, lo que implica que el tiempo de fermentación tiene efecto sobre la variable dependiente acidez titulable. La prueba de comparación de medias (Cuadro 8 del Apéndice) mostró que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la acidez titulable del almidón sin fermentar y almidones

fermentados, mientras que se evidenció que la de almidones fermentados en diferentes tiempos son estadísticamente similares entre sí.

Al comparar resultados de acidez titulable obtenidos en esta investigación con los determinados por los investigadores que se mencionan a continuación se tiene que Aquino *et al.* (2016) encontraron para almidones de yuca fermentados valores de acidez titulable comprendidos entre 1,66 mL NaOH/100 g de almidón ($1,66 \times 10^{-4}$ mEq AL/ g almidón) y 7,05 mL NaOH/100 g de almidón ($7,05 \times 10^{-4}$ mEq AL/ g almidón). Los almidones fermentados durante 7, 14 y 21 días tienen valores de acidez titulable que se encuentran dentro de este intervalo; sin embargo, el valor de acidez titulable para el almidón sin fermentar es mayor a cualquiera de los límites del intervalo. Machado *et al.* (2012) reportaron para almidón de yuca fermentado secado en una estufa adaptada con lámpara de radiación ultravioleta (100-280 nm) un valor de acidez titulable de 3,24 mL NaOH/ 100 g de almidón ($3,24 \times 10^{-4}$ mEq AL/ g almidón). Los almidones fermentados evaluados en esta investigación presentan valores de acidez titulable que se encuentran ligeramente por encima de este valor mientras que el almidón sin fermentar mostró una acidez titulable mucho mayor a la reportada por este investigador.

Los valores de acidez titulable determinados en este estudio para almidones de yuca fermentados son superiores al valor de acidez titulable obtenido por Machado *et al.* (2010) para almidón de yuca fermentado cuyo valor es igual a 3,12 mL NaOH/g almidón ($3,12 \times 10^{-4}$ mEq AL/g almidón), también están por encima de los valores de acidez titulable para almidones de yuca fermentados reportado por Demiate y Kotovicz (2011) cuyos valores están comprendidos entre 2,92 - 4,03 mL NaOH / g almidón ($2,92 \times 10^{-4}$ - $4,03 \times 10^{-4}$ mEq AL/g almidón) y el almidón de yuca nativo también presenta un

valor de acidez titulable por encima del valor reportado por Demiate y Kotovicz (2011) el cual es igual a 0,75 mL NaOH / g almidón ($7,5 \times 10^{-5}$ mEq AL/g almidón).

De acuerdo con lo citado por Bou *et al* (2006) el pH y la acidez en los almidones, 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. Asimismo, la acidez es uno de los índices comunes de la materia prima vegetal, y la misma se debe a la presencia de diversos ácidos orgánicos, en proporciones variables, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, succínico, galacturónico, entre otros. Por lo tanto, la determinación de la acidez constituye un índice de calidad importante, que, además, permite determinar si un producto ha sufrido o no algún deterioro, ya sea de tipo físico-químico o microbiológico. En el caso particular de los almidones de yuca el ácido predominante es el ácido láctico y el bajo pH que presentan sus almidones fermentados le da mayor estabilidad frente al deterioro por microorganismos y se debe principalmente a la formación de ácido láctico como resultado de la actividad bacteriana, particularmente las BAL (bacterias ácido lácticas).

En relación a la acidez titulable, los bajos valores observados para los almidones fermentados con respecto al almidón sin fermentar pueden estar asociado con la microbiota predominante que a su vez está influenciada por las condiciones del cultivo, la manipulación de la materia prima durante la extracción del almidón, el agua usada para la extracción y fermentación y el medio de fermentación. Díaz *et al.* (2018) en su investigación señalan que los principales microorganismos presentes durante la fermentación son las bacterias BAL, las levaduras y los mohos y observaron que los ácidos predominantes después de la fermentación dependen de los nutrientes

presentes en el sustrato y del método de secado, reportando para almidón fermentado secado al sol y secado en horno mayor contenido de ácido láctico con presencia de ácido succínico y málico, mientras que el ácido butírico es el principal ácido presente en almidón de yuca fermentado con iniciador y en medio acuoso.

Por su parte Lacerda *et al.* (2005) reportaron a las BAL como las bacterias predominantes durante el proceso de fermentación del almidón de yuca e identificaron a cuatro especies del género: *Lactobacillus*: *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus perolens* and *Lactobacillus plantarum* y señalaron que la presencia de estas especies en cada etapa del proceso de fermentación está determinada a la sensibilidad de los microorganismos a las condiciones muy ácidas que se desarrollan reportando que *L. plantarum* y *L. fermentum* fueron las especies predominantes hasta el final de la fermentación.

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS, CAPACIDAD EMULSIFICANTE, PODER DE HINCHAMIENTO, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA) DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO EN TRES PERIODOS DE TIEMPO

Determinación de la temperatura de gelatinización (Tg)

A continuación, en el Cuadro 10, se muestran los resultados de Tg para almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos, en cual se observa que la temperatura de gelatinización no varía durante los tiempos de fermentación

estudiados, obteniéndose para todos los tratamientos una Tg comprendida entre 66,7-67,5 °C.

Cuadro 10. Temperatura de gelatinización de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	Temperatura de gelatinización (°C)
Sin fermentar	67,3 ^a ±0,30
7	67,2 ^a ±0,35
14	67,5 ^a ±0,50
21	66,7 ^a ±0,58

La letra minúscula a evalúa las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente temperatura de gelatinización. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El ANAVA (Cuadro 9 del Apéndice) arrojó que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para la Tg de los almidones de yuca fermentados, eso implica que el tiempo de fermentación no ejerce ningún efecto sobre la variable dependiente Tg

La Tg es la temperatura en la que el almidón sufre una transición de fase de un estado ordenado (cristalino) a uno desordenado (gel). Es una propiedad característica de cada almidón y, en general, se correlaciona positivamente con la longitud de la cadena ramificada de la amilopectina y se ve afectada por la cantidad de agua presente, el pH, tipo y concentración de sales presentes, grasa, proteína, cantidad de gránulos de almidón dañado (Ubwa *et al.* 2012, García *et al.* 2015, Ai y Jane 2016). De acuerdo con lo citado por Adegunwa *et al.* (2011). También, se define como la temperatura a la que se mide la primera viscosidad detectable, índice caracterizado por el cambio inicial debido al hinchamiento del almidón, y se relaciona con la capacidad de retención de agua, una tg más alta implica una mayor

capacidad de retención de agua, una mayor gelatinización y una menor propiedad del hinchamiento del almidón debido al alto grado de asociación entre los gránulos de almidón.

La T_g del almidón se puede determinar observando la pérdida de cruz malta utilizando un microscopio óptico con luz polarizada y una platina caliente, midiendo la transparencia de una suspensión de almidón durante el calentamiento o utilizando un DSC (Calorímetro Diferencial de Barrido). El DSC puede medir tanto la temperatura como el cambio de entalpía de la gelatinización del almidón, que es una reacción endotérmica (Ai y Jane 2016).

Muchos investigadores han estudiado la T_g del almidón de yuca entre los que destacan Tappiban *et al.* (2020) quienes reportaron valores comprendidos entre 62,8-73,0 °C para la T_g de almidón nativo de cinco variedades de yuca. La T_g de los almidones evaluados en esta investigación se encuentra entre este rango, sin embargo, están por debajo de la T_g reportada por Gomes *et al.* (2005) para almidón de yuca fermentado cuyo valor es de 69,4 °C, por debajo del resultado reportados por Charles *et al.* (2004) para almidones fermentados de dos variedades de yuca, los cuales tienen una T_g de 68,2 y 68,3 °C.

Los resultados obtenidos en esta investigación están por encima de la T_g del almidón de yuca fermentado obtenido por García *et al.* (2015) comprendida entre 63,7 a 64,80 °C y por encima de la T_g de almidón de yuca fermentado en diferentes tiempos determinada por Adegunwa *et al.* (2011) (Cuadro 2 del anexo) y también son superiores a los reportados por Alonso *et al.* (2016) para almidón de yuca nativo y fermentado durante 30 días cuyos valores son 63,48 y 64,49 °C respectivamente.

Se ha reportado que la Tg depende del grado de cristalinidad del almidón relacionado con la estructura molecular de la amilopectina, la composición del almidón y la arquitectura del gránulo. Almidones con cadenas de amilopectina largas exhiben alta Tg (Charles *et al.* 2004). De acuerdo con Alonso *et al.* (2016) el ambiente ácido causado por el ácido láctico, uno de los principales productos de la fermentación, tiene un efecto en la composición y morfología del almidón por lo que se espera que la Tg se vea afectada por el tiempo de fermentación.

En este estudio se observaron apenas ligeras variaciones en la temperatura de gelatinización lo que permite inferir que los tiempos de fermentación evaluados no son suficientes para ocasionar cambios estructurales importantes en la morfología del gránulo del almidón; también estas observaciones pueden estar influenciadas por la localización y variedad del cultivo de acuerdo con lo sugerido por Alvarado *et al.* (2013) quienes concluyeron que la despolimerización del almidón ocasionada por el proceso de fermentación depende del genotipo y de la localización del cultivo. Esta observación fue el resultado de los estudios realizados por los investigadores relacionada con el hecho de que los almidones extraídos de los genotipos de tierras bajas solo fueron atacados principalmente en la superficie, lo que resultó en gránulos más pequeños pero principalmente intactos que contienen almidón de alto peso molecular; mientras que los almidones extraídos de genotipos de las tierras altas (denominados así porque estaban ubicados a 1700 ms.n.m) sufrieron despolimerización en todos los gránulos. Alvarado *et al.* (2013) evidenciaron que la temperatura de gelatinización en almidón de yuca también depende de la variedad porque en su estudio observaron que diferentes genotipos de yuca presentan temperaturas de gelatinización distintas, cuyos valores difieren hasta por 6 °C.

La temperatura de gelatinización es un parámetro que no influye en el proceso de elaboración de galletas, esta afirmación encuentra su argumento en el hecho de que muchos gránulos de almidón nativo no gelatinizan durante el horneado, conservando su morfología y estructura cristalina, demostrado por Zhang *et al.* (2021) en su trabajo sobre los cambios inducidos en el almidón durante el horneado de galletas dulces y por Adedara y Taylor (2020) en su investigación sobre el rol de las proteínas, el almidón y el azúcar en la textura de galletas elaboradas con harina de sorgo.

Determinación de la capacidad de retención de agua de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

El Cuadro 11 muestra los resultados de capacidad de retención de agua (CRA) para almidón de yuca fermentado en diferentes tiempos en el cual se aprecia que los valores se incrementan hasta el día 14 de fermentación, sufriendo un ligero descenso para el día 21 de fermentación. El mayor valor para la CRA corresponde a los almidones fermentados durante 14 días (741,34 %) mientras que el menor valor está asociado a los almidones nativos (510,72 %).

Cuadro 11. Capacidad de retención de agua (CRA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	CRA (%)
Sin fermentar	510,72 ^c ±55,59
7	667,77 ^b ±16,68
14	741,34 ^a ±35,91
21	681,14 ^{ab} ±8,32

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente capacidad de retención de agua. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El análisis de varianza mostrado en el Cuadro 11 del Apéndice arrojó que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) en los resultados de CRA de los almidones fermentados lo que significa que el tiempo de fermentación tiene un efecto sobre la CRA. Por su parte, la prueba de comparación de medias (Cuadro 11 del Apéndice) arrojó que hay diferencias entre la CRA del almidón sin fermentar y el fermentado por 7, 14 y 21 días. En cuanto a la CRA del almidón de yuca fermentado por 7 y 14 días presenta similitud con el almidón fermentado por 21 días, al mismo tiempo que son diferentes entre sí.

Estableciendo una comparación con los resultados obtenidos en otras investigaciones relacionadas con almidones de yuca citadas a continuación, se observa que los valores de CRA obtenidos en este estudio son superiores a los valores reportados por Granados *et al.* (2014) y Sarifudin *et al.* (2020) para almidón de yuca sin fermentar cuyos valores son 226 % y 100 % respectivamente, por encima de los valores reportados por Atwijukire *et al.* (2019) para almidones de yuca provenientes de diferentes clones cuyos valores están comprendidos entre 94-119 % (0,94-1,19 g agua / g de almidón) y por debajo de los valores reportados por Onitilo *et al.* (2007) para almidones nativos de diferentes variedades de yuca cuyos valores están comprendidos entre 1271,74-1351,17 %.

En las observaciones experimentales mostradas en el Cuadro 11 se aprecia que el almidón nativo presenta la CRA más baja y esto obedece al hecho que los gránulos de almidón nativo tienen baja porosidad a nivel superficial y hay una posibilidad que la fermentación modifique la porosidad de los gránulos de almidón lo que explica por qué los almidones fermentados exhiben mayor CRA. La CRA generalmente depende de la estructura molecular, las regiones cristalinas y amorfas del almidón, del tamaño de

distribución de los gránulos, del número de poros, canales y cavidades dentro del gránulo de almidón (Prazeres *et al.* 2020, Sarifudin *et al.* 2020).

El mecanismo propuesto para CRA, es que las moléculas de agua penetran en la región interna del gránulo de almidón a través de los poros de la superficie del gránulo tras la hidratación, luego, el agua entra en la región amorfa e hidrata preferentemente esta región sobre la estructura cristalina. Por otro lado, Oyeyinka *et al.* (2019) señalan que la habilidad de los almidones para retener agua depende de los componentes hidrofílicos del almidón entonces como el proceso de fermentación resulta en la despolimerización del almidón en azúcares más simples y los azúcares se caracterizan por retener agua; esto también puede explicar por qué los almidones fermentados presentan mayor CRA que el almidón nativo.

La alta CRA mostrada por el almidón fermentado por 7 días, sugiere que podría tener aplicaciones en la elaboración de salsas y aderezo, esto de acuerdo con Luallen (2018) quien señala que las salsas y aderezos requieren de almidones con alta CRA. También se podrían utilizar en la elaboración de productos cárnicos como salchichas de acuerdo con lo citado por Sánchez *et al.* (2014) quienes afirman que se suelen utilizar almidones de maíz, papa y yuca de alta CRA en las formulaciones de salchichas con el objetivo de disminuir el pH, contenido de agua y la pérdida de peso durante la cocción.

Park *et al.* (2015) citan que la textura de las galletas se puede relacionar linealmente con la CRA, es decir a mayor CRA de los ingredientes, mayor será la dureza de las galletas, debida a un aumento en la consistencia de la masa por la disminución del agua libre. En esta investigación, las galletas con mayor aceptación por parte de los panelistas para el parámetro textura fueron las elaboradas a partir de almidón fermentado por 21 días, el

cual tuvo el segundo valor más alto para la CRA y al contrario de lo explicado anteriormente las segundas galletas con mayor aceptación por parte de los panelistas fueron las elaboradas a partir de almidón sin fermentar que tuvo el valor más bajo para la CRA, en relación a este comportamiento también hay que considerar el efecto sinérgico del almidón, como por ejemplo, la capacidad de éste para formar puentes de hidrógeno con otros ingredientes, sobre éste último aspecto, Park *et al.* 2015 demostraron que el aumento en la dureza en galletas elaboradas a partir de okara (subproducto de la fabricación del tofu), almidón, harina de soya y carboximetilcelulosa (CMC) se debió a un aumento de la cohesión de los gránulos de almidón por aumento en las interacciones de puentes de hidrógenos con la CMC.

Determinación del índice de absorción de lípidos (IAL) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

El Cuadro 12, muestra los resultados de índice de absorción de lípidos (IAL) para almidón de yuca nativo y fermentado por 7, 14 y 21 días en el que se aprecia que el mayor valor para IAL (139,20 %) corresponde al almidón fermentado durante 14 días y el menor valor (84,32 %) corresponde al almidón fermentado por un periodo de 21 días.

El Análisis de varianza (Cuadro 12 del Apéndice) arrojó que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) en los resultados de IAL para almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos, esto implica que el tiempo de fermentación ejerce un efecto sobre la variable dependiente IAL. La prueba de comparación de medias (Cuadro 12 del Apéndice) evidencia que el IAL (%) del almidón sin fermentar es estadísticamente diferente al de los demás tiempos de fermentación y también se observa que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí.

Cuadro 12. Índice de absorción de lípidos (IAL) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	IAL (%)
Sin fermentar	117,57 ^b ± 1,39
7	106,55 ^c ± 2,65
14	139,20 ^a ± 0,51
21	84,32 ^d ± 1,42

Las letras minúsculas a, b, c y d evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente índice de absorción de lípidos. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El IAL para almidón nativo obtenido en este estudio es superior al reportado por Salcedo *et al.* (2017) para almidón nativo de yuca, 91 % y para almidón nativo de ñame 98 % está por encima de los valores reportados por Granados *et al.* (2014) para almidón nativo de yuca cuyo valor es de 82,25 % respectivamente.

Tang y Copeland (2007) citan que el almidón y los lípidos son los principales ingredientes alimentarios que tienen importantes interacciones funcionales en las matrices de alimentos. Las cadenas de glucano α -(1-4) no ramificadas forman hélices con un interior hidrofóbico, que puede interactuar con una gama de pequeñas moléculas no polares y con moléculas anfílicas como los ácidos grasos, los monoglicéridos y los surfactantes. La formación de los complejos amilosa lípido puede modificar las propiedades y funcionalidades del almidón; por ejemplo, reduce su solubilidad en agua y retarda la retrogradación e hidrólisis enzimáticas. En este estudio para el día 21 de fermentación se observa un descenso en el IAL, esto puede ser indicador de la reorganización de las cadenas de glucano como consecuencia de la fermentación donde probablemente los extremos

hidrofóbicos estén en el interior de la hélice que se forman con predominio de grupos hidrofílicos.

En relación de cómo influye esta propiedad funcional en la elaboración de galletas, el mecanismo propuesto es que cuando los cristales de grasa alcanzan su punto de fusión durante el horneado, la interfase grasa-líquido de los cristales adsorbidos proporcionan una fuente de material interfacial extra para la superficie de la burbuja de gas, que permite la expansión de la masa sin ruptura de la burbuja (Chevallier *et al.* 2000). Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con lo expuesto anteriormente debido a que las galletas elaboradas a partir del almidón fermentado por 14 días, para el cual se obtuvo el mayor IAL presentaron el volumen específico más bajo, indicador de la baja capacidad de expansión de la masa, sin embargo, las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado por 21 días con el IAL más bajo presentaron el volumen específico más alto.

También se ha señalado que en sistemas con bajo IAL, la masa para galletas puede comportarse como una suspensión de partículas sostenida por una fase continua de grasa (Chevallier *et al.* 2000), se infiere que este comportamiento se observó en las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado por 7 días durante el horneado, sin embargo, hace falta analizar la masa por técnicas como la calorimetría diferencial de barrido para comprobar este comportamiento.

Determinación de la capacidad emulsificante de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

En el Cuadro 13, se muestran los resultados de la capacidad emulsificante (CE) para almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos y

se aprecia que va en aumento hasta el día 14 de fermentación y luego su valor desciende a los 21 días de fermentación. El valor más alto de CE fue para el almidón fermentado durante 14 días (7,27 %) y el menor valor correspondió al almidón nativo (4,82 %).

De acuerdo al ANAVA mostrado en el Cuadro 14 del Apéndice se observa que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) entre el almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos y eso indica que el tiempo de fermentación ejerce efecto sobre la variable dependiente CE. Por otra parte, la prueba de comparación de medias (Cuadro 15 del Apéndice) refleja que el resultado de CE para almidón sin fermentar y fermentados por 7 días son iguales entre sí, pero diferentes a los almidones fermentados por 14 y 21 días, los cuales se asemejan entre sí.

Cuadro 13. Capacidad emulsificante de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	Capacidad Emulsificante (%)
Sin fermentar	4,82 ^b ± 0,24
7	5,49 ^b ± 0,14
14	7,27 ^a ± 0,39
21	6,60 ^a ± 0,50

Las letras minúsculas a y b evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente capacidad emulsificante. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

Comparando los resultados de CE obtenidos en este estudio con los de otras investigaciones citadas a continuación se evidencia que son inferiores a la CE (21,21%) determinada por Ascencio *et al.* (2016) para almidón de yuca oxidado en 0,5 % de hipoclorito de sodio por 60 minutos, sin embargo, están por encima de la CE (4,67 %) para almidón de yuca oxidado en 1,5 % de

hipoclorito de sodio por 90 minutos citado por este mismo autor. También, se encontró que el almidón nativo y fermentado por 7, 14 y 21 días, presentaron una CE mayor a la determinada por Salcedo *et al.* (2017) para almidón de yuca sin fermentar.

Las diferencias observadas en los resultados quizás se deban al hecho de que la capacidad de una sustancia para formar una emulsión está relacionada con los grupos hidrofóbicos. Es posible que la fermentación disminuya las interacciones entre la amilosa y amilopectina dejando a los sitios hidrofóbicos expuestos y posiblemente esto cause un aumento en la CE cuando se incrementa el tiempo de fermentación.

La CE del almidón nativo y fermentado por 7, 14 y 21 días, no influyó en la elaboración de galletas porque, aun cuando las galletas en su formulación tienen grasa (mantequilla), no llevan agua. Sin la presencia de agua para que la grasa se disperse o viceversa no se puede formar una emulsión y adicionalmente la velocidad a la que se mezclan los ingredientes tampoco permitiría la formación de una emulsión. De acuerdo con Sullo y Norton (2016) una emulsión puede estar formado por un sistema aceite en agua (por ejemplo, mayonesa) o agua en aceite como por ejemplo la mayonesa, en los que los dos fluidos se mezclan utilizando dispositivos de entrada de alta energía, rompiendo el fluido de fase dispersa en pequeñas gotas, dentro del fluido de fase continua, hasta que el rango de tamaño de las gotas se aproxima al deseado para el producto final.

Determinación del poder de hinchamiento (PH) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

En el Cuadro 14 se presentan los resultados de PH para almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos en el cual se observa que el mayor PH (6,8348 g/g) corresponde al almidón fermentado durante 14 días y el valor más bajo (5,6399 g/g) corresponde al almidón de yuca fermentado durante 7 días.

Cuadro 14. Poder de hinchamiento de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	PH (g/g)
Sin fermentar	6,3730 ^b ± 0,1047
7	5,6399 ^c ± 0,3475
14	6,8348 ^a ± 0,1774
21	6,5779 ^{ab} ± 0,0576

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente poder de hinchamiento. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El ANAVA mostrado en el Cuadro 16 del Apéndice arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los resultados de PH de almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos, lo que significa que el tiempo de fermentación tiene un efecto sobre la variable PH. La prueba de comparación de medias (Cuadro 17 del Apéndice) evidenció que el PH del almidón sin fermentar es diferente al de los almidones fermentados durante 7 y 14 días, sin embargo, el almidón de yuca fermentado por 21 días mostró un PH similar encontrado en el almidón nativo y almidón fermentado durante 14 días.

Estableciendo una comparación de los resultados de PH obtenidos en este estudio con los reportados por otros investigadores citados a continuación, se tiene que los valores de PH de los almidones estudiados están por debajo del determinado por Gomes *et al.* (2016) para almidón de yuca fermentado, Agyemang *et al.* (2020) para almidón nativo de tres variedades de yuca y por Onitilo *et al.* (2007) para almidón de yuca nativo, cuyos valores son 8,75 g/g; 9,2-13,1 g/g y 9,04-16,90 g/g respectivamente, igualmente son inferiores al PH de almidón de yuca nativo y fermentado por 48 h con valores de PH de 22,28 g/g y de 20,88-21,74 g/g respectivamente señalados por Putri *et al.* (2011). Por el contrario, son superiores al PH obtenido por Oyeyinka *et al.* (2019) para almidón nativo y fermentado por 1, 2 y 3 días, cuyos valores están alrededor de 2,5 g/g a 60 °C.

El PH es útil para evaluar el alcance de las interacciones entre las regiones cristalinas y amorfas del polímero del almidón en los gránulos de almidón. Cuando el almidón se somete a calor en exceso de agua, hay una relajación de la estructura cristalina y los grupos de amilosa y amilopectina se asocian con moléculas de agua a través de puentes de hidrógeno (Putri *et al.* 2011, Angyeman *et al.* 2020) en función a esto se puede inferir que el tiempo de fermentación pudo haber aumentado las regiones cristalinas del gránulo de almidón y además puede decirse que esta propiedad funcional no tiene influencia en las galletas elaboradas en esta investigación porque la masa de las galletas es un sistema con bajo contenido de agua.

De acuerdo con la FAO (2007) el PH del almidón de yuca nativo varía entre 0,79-15,45 g/g. Los resultados de PH para almidón sin fermentar y fermentado por 7, 14 y 21 se encuentran dentro del rango de valores de PH sugerido por la FAO.

Determinación del índice de absorción de agua (IAA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

El Cuadro 15, muestra los resultados de IAA donde se observa que en los primeros 7 días de fermentación el IAA disminuyó y a los 14 días se observó el incremento del IAA, sin embargo, para el día 21 nuevamente mostró un descenso. Este parámetro presentó un comportamiento variable con disminución del IAA hasta 7 días, que luego aumentó a los 14 días y se redujo a los 21 días.

El ANAVA mostrado en el Cuadro 18 del Apéndice evidenció que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) para los resultados de IAA de almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos lo que significa que el tiempo de fermentación tiene efecto sobre la variable dependiente índice de absorción de agua. Por su parte, la prueba de comparación de medias (Cuadro 19 del Apéndice) arrojó que el IAA del almidón de yuca sin fermentar es diferente al de los almidones fermentado por 7 y 14 días, pero a su vez el IAA del almidón fermentado por 21 días, presentó características similares al IAA del almidón nativo y fermentado por 14 días.

Cuadro 15. Índice de absorción de agua (IAA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	IAA (g/g)
Sin fermentar	6,3403 ^b ± 0,1014
7	5,6123 ^c ± 0,3457
14	6,7898 ^a ± 0,1747
21	6,5480 ^{ab} ± 0,0568

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente índice de absorción de agua. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

Al establecer una comparación de los resultados obtenidos en este estudio con investigaciones como la de Salcedo *et al.* (2017 a) se tiene que el valor de IAA para almidón de yuca sin fermentar (Cuadro 15) está por encima del del IAA del almidón yuca sin fermentar, determinado por este autor, cuyo valor es 75,49 % (0,7549 g/g). También, están por encima del rango de valores de IAA, 58,27 -73,26 % (0,5827-0,7326 g/g) de almidón de yuca modificado por hidrólisis ácida obtenido por Salcedo *et al.* (2017 b). Los valores de IAA obtenidos en esta investigación son inferiores a los valores determinados por Ladeira y Peña (2011) para almidón nativo y fermentado extraído de diferentes variedades de yuca (Figura 2A del Anexo) evidenciándose que el IAA depende de la variedad que a su vez influye en la relación amilosa amilopectina.

Según la FAO (2007) el IAA del almidón de yuca nativo varía entre 0,82-15,52 g/g. Los resultados de IAA para almidón sin fermentar y fermentado por 7, 14 y 21 se encuentran dentro del rango de valores de PH sugerido por la FAO.

Determinación del Índice de solubilidad en agua (ISA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

El Cuadro 16, muestra el IAA de almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos en el cual se aprecia que el mayor IAA es para el almidón fermentado durante 14 días con 1,1203 g/g y el menor valor corresponde para el almidón fermentado durante 7 días (0,9052 g/g).

Cuadro 16. Índice de solubilidad en agua (ISA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo

Tiempo de fermentación (días)	ISA (g/g)
Sin fermentar	1,0881 ^a ± 0,0669
7	0,9052 ^b ± 0,0541
14	1,1203 ^a ± 0,0296
21	1,0797 ^a ± 0,0096

Las letras mayúsculas a y b evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente índice de solubilidad en agua. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

De acuerdo con el ANAVA, Cuadro 20 del Apéndice, hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el almidón nativo y fermentado, eso significa que el tiempo de fermentación tiene efecto sobre la variable ISA. La prueba de comparación (Cuadro 21 del Apéndice) mostró diferencias entre el ISA del almidón fermentado durante 7 días con respecto al del almidón nativo y fermentados por 14 y 21 días, notándose semejanzas estadísticas en el ISA de estos tres últimos.

Investigadores como Leonel *et al.* (2021) reportaron para almidón nativo de yuca extraído de plantas cultivadas con un régimen de fertilización con fosfato de hasta tres veces la dosis recomendada, valores de ISA comprendidos entre 43,26 % y 56,08 %. Los valores para ISA reportados por Leonel *et al.* (2021), están muy por encima de los encontrados en este estudio. Considerando que en el estado Monagas no es costumbre fertilizar las plantaciones de yuca porque este rubro se adapta muy bien a las condiciones edafoclimáticas y a suelos pobres en nutrientes se puede inferir que probablemente el contenido de fósforo de los almidones estudiados sea bajo.

Demiante *et al.* (2011) encontraron un ISA de 4,9 % para almidón de yuca; 8,9 % para almidón de yuca fermentado durante 7 días; 22,7 % para almidón de yuca fermentado durante 14 días y 1,2 % para almidón de yuca fermentado durante 20 días, por lo que estos resultados se encuentran por encima de los obtenidos en este estudio. Sin embargo, en ambos casos se puede apreciar que no hay una tendencia regular para ISA y el tiempo de fermentación, pero en ambos casos se observó que para el tiempo de fermentación más alto el valor de ISA es menor comparado con su respectivo almidón nativo, ese patrón irregular que se muestra quizás se deba a las variaciones que pueden ocurrir en cuanto a la temperatura y actividad bacteriana durante el tiempo de fermentación. Sumardiono *et al.* (2016) reportaron para almidón nativo de yuca un 12,91 % para ISA este valor es más de doce veces mayor que el valor de ISA obtenido en este estudio.

La presencia de grupos fosfatos en las cadenas de amilopectina hace que la repulsión entre los grupos fosfato en cadenas adyacentes aumente ocasionando un incremento en la hidratación al debilitar la extensión de unión dentro del dominio cristalino. Adicionalmente de acuerdo con Mesquita *et al.* (2016) cuando las moléculas de almidón se calientan en exceso de agua, la estructura cristalina se interrumpe y las moléculas de agua se unen por enlace de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestos de amilosa y amilopectina. El mayor contenido de amilosa en el gránulo de almidón aumenta la capacidad de solubilización en solución acuosa debido al proceso de lixiviación de la amilosa a altas temperaturas.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COLOR L*, a*, b* Y DEL ÍNDICE DE BLANCO DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

En el Cuadro 17, se muestran los parámetros de color L*, a*, b* y el índice de blanco para almidón de yuca fermentado a diferentes tiempos. El análisis estadístico para la coordenada de color L* arrojó que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) (Cuadros 22 del Apéndice), lo que significa que el tiempo de fermentación tiene efecto sobre la variable dependiente L*. La prueba de comparación de medias evidenció que para la coordenada de color L* (Cuadro 23 del Apéndice) el almidón sin fermentar es diferente al almidón fermentado mientras que los almidones fermentados durante 7, 14 y 21 días son iguales entre sí.

El máximo valor de L* (99,94) obtenido en esta investigación correspondió al almidón fermentado durante 21 días y también se pudo notar que el valor de L* se incrementó a medida que el tiempo de fermentación aumentó, contrario a lo observado por Oyeyinka *et al.* (2019) quienes señalaron que con un aumento en el tiempo de fermentación en el almidón de yuca, se observó una disminución del valor de L*, adicionalmente se puede decir que el valor de L* para almidón nativo obtenido en esta investigación es superior al reportado por Oyeyinka *et al.* (2019) para almidón nativo cuyo valor es 93 y también están por encima del valor reportado por este mismo autor para almidón de yuca, fermentado por un periodo de 72 horas cuyo valor es 92.

Cuadro 17. Parámetros de color L*, a*, b* e índice de blanco del almidón de yuca nativo y fermentado

Tiempo de fermentación (días)	L*	a*	b*	IB
Sin fermentar	96,63 ^b ± 0,19	3,48 ^a ± 0,17	1,93 ^b ± 0,00	94,77 ^c
7	99,07 ^a ± 0,58	3,42 ^a ± 0,22	1,97 ^a ± 0,05	95,92 ^b
14	99,55 ^a ± 0,76	2,30 ^b ± 0,30	1,98 ^a ± 0,01	96,87 ^a
21	99,94 ^a ± 0,08	1,59 ^b ± 0,24	1,99 ^a ± 0,00	97,45 ^a

Las letras minúsculas a, b y c, evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre las variables dependientes L*, a*, b* e IB. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

El valor de L* para almidón nativo obtenido en esta investigación está por debajo de los reportados por Agyemang *et al.* (2020) para almidón sin fermentar de tres variedades de yuca cuyo rango de valores está comprendido entre 97,0 y 98,0 sin embargo, los valores de L* para el almidón fermentado en los diferentes periodos de tiempo estudiado son superiores a este rango de valores. También son superiores a los obtenidos por Díaz *et al.* (2018) para almidón de yuca, sin fermentar y fermentado, cuyos valores son 98,69 y 98,42 respectivamente. El valor de L* para el almidón sin fermentar es similar al valor determinado por Von y Machado (2005) para almidón sin fermentar de yuca cuyo valor es de 96,3, sin embargo, los almidones fermentados de esta investigación están por encima de 95,2, valor de L* señalado por Von y Machado (2005) para almidón fermentado de yuca.

Para la coordenada de color a*, el ANAVA (Cuadro 24 del Apéndice) arrojó diferencias altamente significativas y la prueba de comparación de medias (Cuadro 25 del Apéndice) indicó que estas diferencias de color a* se reflejaron entre el almidón sin fermentar y el fermentado durante 7 días, con respecto al almidón fermentado por 14 y 21 días; encontrándose igualdad de color a* entre el almidón sin fermentar y el fermentado por 7 días, al mismo

tiempo que se observó similitud estadística entre el almidón fermentado por 14 y 21 días.

Los valores de esta coordenada de color a^* van de rojo a verde, donde los valores positivos representan al rojo y los negativos al verde. Los valores de la coordenada de color a^* en los almidones de yuca (sin fermentar y fermentados) mostrados en el Cuadro 17 fueron positivos. En función a esto, se puede considerar que los almidones evaluados en este estudio presentaron una tendencia hacia tonalidades rojas. El máximo valor observado para a^* fue de 3,48 correspondiente al almidón nativo y el menor valor fue de 1,59 asociado al almidón fermentado por 21 días. Si se comparan los resultados de a^* observados en este estudio con otras investigaciones se tiene que son mayores a los valores reportados por Díaz *et al.* (2018) para almidón de yuca, nativo y fermentado, cuyos valores son -0,07 y 0,11, respectivamente con tendencia al verde.

También son superiores a los reportados por Oyeyinka *et al.* (2019) para almidón de yuca sin fermentar y fermentado por un periodo de 72 horas cuyos valores son -1,3 y 1,3, respectivamente. El primero con tendencia al verde y el segundo con tendencia al rojo. El valor de a^* del almidón sin fermentar está por encima del determinado por Von y Machado (2005) para almidón de yuca sin fermentar cuyo valor es de 1,53, mientras que el almidón fermentado durante 7 días es similar al valor de a^* determinado por este mismo autor para almidón de yuca fermentado cuyo valor es de 3,45, sin embargo, el almidón fermentado durante 14 y 21 días se encuentran por debajo.

Para la coordenada de color b^* , el ANAVA (Cuadro 26 del Apéndice) arrojó que hay diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) para el almidón de yuca fermentado y la prueba de comparación de medias (Cuadro 27 del Apéndice) evidenció que la coordenada de color b del almidón nativo es diferente a la del almidón fermentado en los diferentes tiempos evaluados, mientras que la coordenada de color b del almidón fermentado durante 7, 14 y 21 días son iguales entre sí, pero diferentes al almidón sin fermentar. El Cuadro 17 muestra que para la coordenada de color b^* el máximo valor observado fue para el almidón fermentado durante 21 días y el menor valor correspondió al almidón sin fermentar. La coordenada de color b^* muestra los colores amarillo y azul donde los valores positivos corresponden al amarillo y los valores negativos corresponden al azul. Como los resultados observados para b^* son todos positivos, implica que todos los almidones tienden hacia la tonalidad del amarillo.

Comparando los valores de la coordenada de color b^* obtenidos en esta investigación con los reportados por otros investigadores que se citan a continuación se tiene que el almidón nativo está por debajo del valor reportado para b^* por Díaz *et al.* (2018) para almidón nativo de yuca cuyo valor es 2,81 con tendencia al amarillo, mientras que los almidones fermentados tienen valores de b^* que están por encima del valor reportado por estos mismos autores para almidón de yuca fermentado cuyo valor es de 1,61 con tendencia al amarillo. Los valores de b^* observados en el almidón nativo en este estudio está por encima del reportado por Von y Machado (2005) para almidón de yuca nativo mientras que el almidón fermentado durante 7, 14 y 21 días se ubican por debajo del valor reportado por Von y Machado (2005) para almidón de yuca fermentado cuyo valor es 3,43.

En relación al índice de blanco (IB) el ANAVA (Cuadro 28 del Apéndice) arrojó diferencias altamente significativas entre el almidón de yuca sin fermentar y fermentado y la prueba de comparación de medias (Cuadro 29 del Apéndice) mostró que IB del almidón sin fermentar, es diferente al almidón fermentado a diferentes tiempos, sin embargo, se evidenció que el IB del almidón fermentado durante 14 y 21 días son iguales entre sí. El máximo valor alcanzado para el IB corresponde al almidón fermentado durante 21 días con un valor igual a (97,45) (Cuadro 17) mientras que el menor valor correspondió al almidón sin fermentar (94,77). El IB es un parámetro de calidad que indica el grado de blancura de los almidones; mientras más cercano al 100 sean sus valores entonces más blancos son los almidones, en función a esto se puede decir que a medida que se aumentó el tiempo de fermentación los valores de IB se acercaron más al 100 y ello implica que tienen tendencia hacia el blanco.

Comparando el IB obtenido en estudio para almidones de yuca fermentados con los valores reportados por otros investigadores que se citan a continuación se tiene que están por encima de los reportados por Onitilo *et al.* (2007) para almidón nativo de diferentes variedades de yuca, cuyos valores están comprendidos entre 84,69-93,18. El IB del almidón de yuca nativo obtenido en este estudio está por debajo de los reportados por García *et al.* (2013) para almidón de yuca nativo cuyos valores están comprendidos entre 95,92 y 96,06.

El IB es un importante parámetro de calidad porque en la industria de alimentos se requiere que los almidones sean blancos, esto con la finalidad que no interfiera con el color de las formulaciones donde puedan usarse, como, por ejemplo, en la preparación de mayonesa, en la elaboración de quesos, al ser usado como recubrimiento. Montoya *et al.* 2012, señalan que

una superficie blanca ideal debería tener un IB igual a 100 y mientras mayor sea la diferencia ente el blanco ideal y la superficie que se evalúa, menor va a ser el valor de IB.

El IB obtenido para el almidón nativo y fermentado tiende en ambos casos al blanco, por lo que puede decirse que están dentro de los parámetros exigidos por FAO (2007) el cual indica que el color de los almidones debe ser blanco, lo que significa el índice de blanco deben ser cercano a 100.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN ESPECÍFICO DE GALLETAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

El Cuadro 18 muestra los resultados de volumen específico (VE) para almidón de yuca nativo y fermentado en el cual se observa que el mayor valor (2,42 cm³/g) se obtuvo para el almidón fermentado por 21 días y el menor valor (1,77 cm³/g) correspondió al almidón fermentado durante 14 días. El ANAVA mostrado en el Cuadro 30 del Apéndice arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los resultados del VE de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado, eso significa que el tiempo de fermentación ejerció efecto sobre la variable VE.

Cuadro 18. Volumen específico de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado

Tiempo de fermentación (días)	Volumen específico (cm ³ /g)
Sin fermentar	2,29 ^a ± 0,11
7	1,90 ^b ± 0,04
14	1,77 ^b ± 0,02
21	2,42 ^a ± 0,08

Las letras mayúsculas a y b evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente volumen específico. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

La prueba de comparación de medias (Cuadro 31 del Apéndice) arrojó que el VE del almidón sin fermentar y fermentado por 21 días son iguales entre sí, pero diferentes al almidón fermentado durante 7 y 14 días, sin embargo, el VE del almidón fermentado por 7 y 14 días son iguales entre sí.

Al comparar el volumen específico de las galletas elaboradas a partir de almidón nativo y fermentado con los obtenidos en otras investigaciones citadas a continuación se tiene que el almidón nativo evaluado, le confirió a las galletas elaboradas un menor VE que los determinados por Oliveira *et al.* (2021) para galletas de almidón nativo cuyo valor es de 2,86 cm³/g, también se puede decir que los almidones fermentados le confirieron a las galletas un menor VE que los reportados por este mismo autor para galletas elaboradas a partir de almidón fermentado cuyo valor fue 3,761 cm³/g. Son inferiores a 2,65 mL/g (2,65 cm³/g) valor de VE determinado por Guerra *et al* (2011) para galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado y secado al sol, sin embargo, el VE de las galletas formuladas con almidón nativo y fermentado por 7, 14 y 21 días es mayor al reportado por Nunes (2020) para galletas elaboradas con una mezcla de almidón de yuca nativo, mijo, harina de arroz pulido y goma xantana cuyo VE fue de 1,41 cm³/g.

En el Cuadro 18, se observa que el VE de las galletas elaboradas a partir de almidón de yuca disminuye durante los primeros 14 días de fermentación y luego de ese tiempo se observa un aumento. En relación a este comportamiento se puede decir que hay muchos factores que pueden afectar este parámetro, por ejemplo, Figueroa *et al.* (2018) citan que el volumen específico del almidón depende del grado de polimerización, número de grupos carboxilos e hidroxilos, acidez, tipo y condiciones del proceso de secado de los gránulos, otro factor a considerar es el efecto sinérgico entre los diferentes ingredientes (azúcar, huevo, mantequilla) y el almidón y la distribución de los grupos hidroxilos en las cadenas de amilosa y amilopectina. El alto VE observado en las galletas formuladas con almidón fermentado por 21 días con respecto al de las galletas con almidón nativo, según lo citado por Putri *et al.* (2011), puede ser atribuido a la despolimerización del almidón que causa una disminución en la viscosidad interna de la masa que reduce la fuerza de resistencia a la expansión cuando hay aumento de la presión por la evaporación del agua durante el horneado.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS GALLETAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO

El Cuadro 19, muestra los resultados de apariencia general, color, olor, sabor textura y apariencia global de galletas elaboradas a partir de almidón nativo y fermentado de yuca donde se observa que en ambos casos la tendencia para los parámetros apariencia general, color y olor fue hacia me gusta moderadamente, mientras que los parámetros sabor y aceptabilidad global tuvieron tendencia hacia me gusta mucho en galletas elaboradas a partir de almidón nativo y fermentado durante 21 días; esta misma tendencia

se observó para el parámetro textura en galletas elaboradas a partir de almidón nativo y fermentado durante 21 días.

Cuadro 19. Atributos sensoriales apariencia general, color, olor y sabor de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de Fermentación (días)	Sin Fermentar	7	14	21
Apariencia general	7,49 ^a ± 0,91	6,95 ^b ± 1,29	7,41 ^a ± 1,29	7,44 ^a ± 1,44
Color	7,22 ^a ± 1,22	6,66 ^b ± 1,33	6,71 ^b ± 1,52	7,03 ^{ab} ± 1,34
Olor	7,49 ^a ± 1,18	6,97 ^b ± 1,49	6,85 ^b ± 1,54	7,12 ^{ab} ± 1,57
Sabor	7,68 ^a ± 1,17	7,14 ^b ± 1,44	7,24 ^{ab} ± 1,58	7,63 ^a ± 1,60
Textura	7,31 ^a ± 1,34	6,78 ^b ± 1,64	7,17 ^{ab} ± 1,67	7,63 ^a ± 1,61
Aceptabilidad global	7,92 ^a ± 0,77	7,12 ^c ± 1,39	7,41 ^{bc} ± 1,53	7,71 ^{ab} ± 1,38

Las letras mayúsculas a b y c evalúan las interacciones tiempo de fermentación sobre las variables dependientes apariencia general, color, olor y sabor en galletas elaboradas a partir de almidones fermentados de yuca. Letras diferentes en la misma fila significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

La mayor aceptabilidad para los atributos apariencia general (7,49), color (7,22), olor (7,49), sabor (7,68) y aceptabilidad global (7,92) correspondió a las galletas elaboradas a partir de almidón nativo con la mayor puntuación de los panelistas mientras que las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 21 días presentaron la mayor puntuación de los panelistas (7,63) para el parámetro textura alcanzando la mayor aceptabilidad.

La menor aceptabilidad para los parámetros apariencia general (6,95), color (6,66), sabor (7,14), textura (6,78) y aceptabilidad global (7,12) correspondió a las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 7 días, mientras que para el atributo olor (6,85) correspondió a las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 14 días.

El ANAVA (Cuadro 32 del Apéndice) arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para el atributo apariencia general de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca sin fermentar y fermentado a diferentes tiempos, lo que significa que el tiempo de fermentación tuvo efecto sobre la variable apariencia general, mientras que la prueba de comparación de medias (Cuadro 33 del Apéndice) evidenció que la apariencia general de las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar es igual a las elaboradas con almidón fermentado durante 14 y 21 días, al mismo tiempo que son diferentes a las elaboradas a partir del fermentado por 7 días. La apariencia general de las galletas elaboradas a partir del almidón fermentado por 7 días es diferente a la de las elaboradas a partir del almidón sin fermentar y fermentado por 14 y 21 días.

En relación al atributo color, el ANAVA (Cuadro 34 del Apéndice) arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los resultados, mostrando que el tiempo de fermentación tuvo un efecto sobre la variable color, mientras que la prueba de comparación de medias (Cuadro 35 del Apéndice) evidenció que el color de las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar son diferentes al de las galletas elaboradas a partir de almidones fermentados durante 7 y 14 días, sin embargo, el color de las galletas de almidón fermentado durante 21 días obtuvo un valor similar al color de las galletas que contenían almidón sin fermentar y fermentado a 7 y 14 días

Para el atributo olor, el ANAVA (Cuadro 36 del Apéndice) arrojó, que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) lo que implica que el tiempo de fermentación tiene efecto sobre la variable olor. Por su parte, la prueba de comparación de medias (Cuadro 37 del Apéndice) indicó que el olor de las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar son diferentes al de las elaboradas a partir de almidones fermentados durante 7 y 14 días, sin embargo, el olor de las galletas de almidón fermentado por 21 días es igual al olor de las galletas que contenían almidón sin fermentar y fermentado por 7 y 14 días.

En cuanto al atributo sabor, el ANAVA (Cuadro 38 del Apéndice) arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los resultados y eso implica que el tiempo de fermentación tuvo efecto sobre la variable sabor. La prueba de comparación de medias (Cuadro 39 del Apéndice) mostró que el sabor de las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar es diferente al de las galletas elaboradas con el almidón fermentado por 7 días, pero igual al de las formuladas con almidón fermentado por 14 y 21 días. El sabor de las galletas con almidón fermentado durante 7 días es diferente al de las elaboradas a partir de almidón sin fermentar y fermentado por 21 días, sin embargo, es similar al de las que contenían almidón fermentado por 14 días.

Para el atributo textura, el ANAVA mostrado en el Cuadro 40 del Apéndice arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) lo que implica que el tiempo de fermentación tuvo efecto sobre la variable textura. La prueba de comparación de medias (Cuadro 41 del Apéndice) evidenció que la textura de las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar es igual a las que contenían almidón fermentado por 21 días, sin embargo, ambas formulaciones resultaron diferentes a la que contenía

almidón fermentado durante 7 días, aunado a esto, la textura de las galletas elaboradas con almidón fermentado a los 14 días exhibió características similares al resto de las formulaciones.

En cuanto a la aceptabilidad global, el ANAVA mostrado en el Cuadro 42 del Apéndice, arrojó, que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) y esto se interpreta como que el tiempo de fermentación ejerció un efecto sobre la variable dependiente aceptabilidad global. La prueba de comparación de medias (Cuadro 43 del Apéndice) evidenció que la aceptabilidad global de las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar es diferente al de las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado durante 7 y 14 días, sin embargo, la aceptabilidad global de las galletas elaboradas a partir del almidón fermentado durante 14 días es similar a las formuladas con almidón fermentado por 7 y 21 días y a su vez resultó diferente a la de galletas con almidón sin fermentar.

De acuerdo con la apreciación de los panelistas y los resultados observados en el Cuadro 19, el tiempo de fermentación no mejoró la apariencias general, color, olor de las galletas porque todos estos atributos tienen una tendencia hacia me gusta moderadamente, misma tendencia que tienen las galletas formuladas con almidón sin fermentar y se evidenció que las galletas elaboradas con almidones fermentados por 7 y 14 días presentaron una disminución en la puntuación de los panelistas para el atributo olor, cuya apreciación puede deberse posiblemente a que durante esta etapa hay mayor concentración de ácido láctico que le confiere un olor poco agradable a los almidones y consecuentemente a sus productos. Liendo y Silva (2015) también observaron una aceptabilidad con tendencia hacia me gusta moderadamente para un producto tipo galleta elaborado con

mezcla de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan* L.) y almidón de maíz (*Zea Mays* L.) en los atributos sensoriales color y sabor.

En relación al atributo sabor, las galletas elaboradas a partir de almidón sin fermentar obtuvieron la mayor puntuación por parte de los panelistas con tendencia hacia me gusta mucho, observándose que el tiempo de fermentación en cuanto a la aceptabilidad del producto no mejoró el parámetro sensorial sabor, siendo las galletas elaboradas a partir de almidones fermentados durante 7 y 14 días las de menor aceptabilidad y esto puede estar influenciado con la percepción de los panelistas respecto al olor de las galletas.

Cervini *et al.* (2021) en su investigación relacionada con las características nutricionales, físicas y sensoriales de galletas libres de gluten elaboradas con incorporación de almidón recocido de sorgo blanco rico en almidón resistente observaron que la aceptabilidad de las galletas disminuyó con el aumento en la incorporación de almidón y además, también observaron una disminución en la aceptabilidad para la textura; caso contrario observado para las galletas elaboradas a partir de almidón fermentado por 21 días, evaluadas en este estudio, que obtuvo la mayor puntuación por parte de los panelistas y esto posiblemente se deba a la presencia de grupos carboxilos formados durante la fermentación que tienen la capacidad de formar una red dentro de la mezcla durante el proceso de horneado, sin embargo Manley *et al.* (2011) señalan que hay poca información que describe el comportamiento de la materia grasa, azúcar, huevo y carbohidrato, principales ingredientes de las galletas, en el proceso de horneado.

CONCLUSIONES

- Los valores promedios del porcentaje de rendimiento (%R) obtenidos del almidón nativo (sin fermentar) y fermentado durante 7, 14 y 21 días, estuvieron comprendidos entre 20,91 y 24,75 % y se evidenció que el tiempo de fermentación no afectó el rendimiento de los almidones.

PROPUESTA LISTA PARA CORRECCIÓN

- La caracterización fisicoquímica del almidón de yuca fermentado en tres períodos de tiempo (7, 14 y 21 días) mostró los valores más bajos en todos los parámetros evaluados a excepción del porcentaje de humedad; en comparación con lo obtenido para el almidón nativo (sin fermentar) que presentó los valores más altos para ceniza (0,1882 %), pH (6,7) y acidez titulable (0,00118 mEqAL/g Almidón), demostrando con esto que el tiempo de fermentación influyó sobre las propiedades físicas y químicas, ceniza, pH y acidez titulable, sin embargo, no ejerció efecto significativo en el contenido de humedad del almidón.

PROPUESTA LISTA CORRECCIÓN

- La temperatura de gelatinización (Tg) estuvo comprendida entre 66,7 y 67,5 °C con un comportamiento no significativo para el almidón nativo y fermentado.
- El tiempo de fermentación arrojó variaciones significativas en todas las propiedades funcionales de los almidones estudiados, encontrándose los valores más altos de capacidad de retención de agua (CRA) (741,34%), índice de absorción de lípidos (IAL) (139,20%), capacidad emulsificante (CE) (7,27%), poder de hinchamiento (PH) (6,8348 g/g), índice de absorción de agua (IAA) (6,7898 g/g) e índice de solubilidad en agua (ISA) (1,1203 g/g) para el almidón fermentado durante 14 días, en comparación con el almidón fermentado por 7 y 21 días;

evidenciándose además los bajos valores del almidón nativo (sin fermentar) en las propiedades CRA (510,72 %) y CE (4,82 %).

- Los parámetros de color L^* , a^* y b^* y el índice de blanco presentaron diferencias estadísticamente significativas indicando que los almidones de yuca evaluados en este estudio tienden al blanco con matices que van hacia el rojo y hacia el amarillo, lo que los hace ideales para la elaboración de mayonesa.
- El volumen específico de las galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado a los 7, 14 y 21 días varió de 1,77 a 2,42 cm^3/g con 2,29 cm^3/g para las que contenían almidón nativo, encontrándose el valor mayor de este parámetro en la galleta formulada con almidón fermentado durante 21 días, mientras que el menor valor lo presentó la obtenida del almidón fermentado por 7 días. PROPUESTA LISTA CORRECCIÓN
- Las galletas formuladas a partir de almidón nativo obtuvieron la mayor aceptabilidad por parte de los panelistas en la mayoría de los atributos evaluados apariencia general, color, olor, sabor, aceptabilidad global a excepción de la textura, donde resultó más favorecida y aceptaba la galleta elaborada con almidón fermentado por 21 días. PROPUESTA LISTA CORRECCIÓN.

RECOMENDACIONES

- Debido a los alcances de esta investigación, es recomendable realizar el análisis morfológico, estructural y determinar el número de grupos carbonilos y carboxilos de los almidones evaluados.
- Dada la alta capacidad de retención de agua mostrado por los almidones fermentados se recomienda su aplicación en la elaboración de productos cárnicos.
- Realizar un estudio de vida útil de las galletas con la mayor aceptabilidad.
- Evaluar individualmente las interacciones entre el almidón y cada uno de los ingredientes de las galletas, antes y después del horneado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA A, BLANCO C. 2013. Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria. Cartagena de Indias, Colombia: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería [Disertación Grado Ingeniero de Alimentos], pp. 50.
- ADEGUNWA M, SANNI L, MAZIYA B. 2011. Effects of fermentation length and varieties on the pasting properties of sour cassava starch. *African Journal of Biotechnology*. 10(42): 8428-8433.
- AGYEMANG P, AKONOR P, TORTOE C, JOHNSON P, MANU J. 2020. Effect of the use of starches of three new Ghanaian cassava varieties as a thickener on the physicochemical, rheological and sensory properties of yoghurt. *Scientific African*. 9: 1-10.
- AGUILAR E, SEGRED A, SABORÍO D, MORALES J, CHACÓN M, RODRÍGUEZ L, ACUÑA P, TORRES S, GÓMEZ Y. 2017. Manual del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto Nacional de innovación y transferencia tecnológica (INTA). 1: 1-96.
- AI Y, JANE J. 2016. Starch: Structure, Property, and Determination. *Encyclopedia of Food and Health*. 165–174.
- ALARCÓN F, DUFOUR D. 2002. Almidón agrario de yuca en Colombia Tomo 1: Producción y recomendaciones N.268. CIAT. Cali, Colombia.pp.9-19.
- ÁLAVA M, BRAVO B, ZAMBRANO J, ZAMBRANO D, LOOR R. 2017. Caracterización física y microbiológica del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) producido en Canuto-Manabí (Ecuador). *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21(2): 25-40.
- ALCÁZAR S, ALMEIDA M. 2015. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology, Campinas*. 35(2): 215-236.
- ALONSO L, NIÑO A, ROMERO A, PINEDA P, DEL REAL A, RODRIGUEZ M. 2016. Physicochemical transformation of cassava starch during fermentation for production of sour starch in Colombia. *Starch Stärke*. 68: 1-9.

- ALVARADO P, GROSMIRE L, DUFOUR D, TORO A, SÁNCHEZ T, CALLE F, TRAN T. 2013. Combined effect of fermentation, sun-drying and genotype on breadmaking ability of sour cassava starch. *Carbohydrate Polymers*. 98(1), 1137–1146
- ALVIS A, VÉLEZ C, VILLADA H, RADA M. 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.
- ANDERSON R, CONWAY H, PHEISER V, GRIFFIN E. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal science today*. 14(1): 4-12.
- AQUINO A, GERVIN V, AMANTE E. 2016. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. *Braz. J. Food Technol., Campinas*. 19: 1-8.
- ARAUJO V, RINCÓN A, PADILLA F. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. Unidad de Investigación de Análisis de Alimentos. Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela. *ALAN*. 54 (2): 1-12.
- ARISTIZÁBAL J, SÁNCHEZ T, MEJÍA L. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* 163. Organización de naciones unidas para la agricultura y la alimentación 2007. pp. 1-137.
- ARISTIZÁBAL J, SÁNCHEZ. 2007. Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca. Colecciones FAO, Primera Edición, Roma, Italia. pp.115.
- ASCENCIO M, ANDRADE R, SALCEDO J. 2016. Caracterización funcional del almidón oxidado de yuca (*Manihot esculenta*). *Agronomía Colombiana* 34(1): 757-759.
- ASHVEEN N, RANDHIR C, DAVID R, JAGJIT K. 2008. Isolation and properties of starch from some local cultivars of cassava and taro in Fiji. *The South Pacific Journal of Natural Science*. 26:45-48.
- ATWIJUKIRE E, FFUNA J, BAGUMA Y, WEMBABAZI E, ESUMA W, SEZI R, NUWAMANYA E. 2019. Starch quality traits of improved provitamin A cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Heliyon*. 5: 1-18.

- BADUI D. 1994. Química de los alimentos. Edit. Alhambra Mexicana S.A de C.V. México. pp.648.
- BELLO L, CONTRERAS S, ROMERO R, SOLORZA J, JIMÉNEZ A. 2002. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia*. 36 (2): 169-180.
- BELLO L, MENDEZ M, AGAMA E. 2002. Estructura Molecular de Almidones. Disponible en línea en: <http://books.google.com.ni/books?id=JfGTwqKTdRMC&pg=PA17&dq=Bello+Perez+Almidon+Bello+Perez&hl=es&sa=X&ei=NiUSU8PdM83LkQet5YD4Bg&ved=0CFwQ6AEwCQ#v=onepage&q=Bello%20Perez%20Almidon%20Bello%20Perez&f=false> (acceso 26.05.2018).
- BEMILLER J, WHISTLER R. 2009. *Starch: Chemistry and technology*. Third Edition. Editorial Academic Press, Burlington, MA. USA. pp. 879.
- BERTOLINI A. 2010. *Starches: Characterization, properties and Applications*. First Edition. Editorial CRC Press: Taylor y Francis group. USA. pp. 276.
- BEYNUM G, ROELS J. 1985. *Starch conversión technology*. Ed. Marcel Dekker. New York, estados unidos. pp 360.
- BOU L, VIZCARRONDO C, RINCÓN A, PADILLA F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 56(4): 375-383.
- BRYANT C, HAMAKER B. 1997. Effect of time on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal chemistry*. 74: 171-175.
- BUITRAGO A. 1990. *La Yuca en la Alimentación Animal*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp.450.
- BULEON A, COLONNA P, PLANCHOT V, BALL S. 1998. Starch granules: Structure and biosynthesis. Mini review. *Int. J. Biol. Macromol.* 23:85-112.
- CADENA M, VILLARRAGA E, LUJÁN D, SALCEDO J. 2006. Evaluación de la agroindustria de almidón agrio de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Córdova y Sucre. *Temas Agrario*. 11 (1): 43-53.
- CALCETA A, SUAREZ C. 2001. Gelatinization kinetics of amaranth starch. *J Food Sci Technol*. 36: 441-448.

- CARAVACA F, CASTEL J, GUZMÁN, DELGADO M, GONZÁLEZ P. 2003. Bases de la Producción animal. Serie manuales universitarios, Primera Edición, Sevilla, España. pp.17.
- CARRILLO A. 2007. Evaluación del uso de antimicrobianos sobre la estabilidad de pan parcialmente horneado almacenado en refrigeración. Universidad de las Américas Puebla. San Andrés Cholula, Puebla, México. [Disertación Grado Ingeniero en Alimento], pp.77.
- CEBALLOS H 2002. La yuca en Colombia y en el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio. Sistemas 130 Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, p. 3. CIAT. Cali, Colombia. pp.586.
- CEBALLOS H, DE LA CRUZ A. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, p. 28. CIAT. Cali, Colombia. pp. 58.
- CERVINI M, FRUSTACE A, DUSERM G, ROCCHETTI G, GIUBERTI G. 2021. Nutritional, physical and sensory characteristics of gluten-free biscuits incorporated with a novel resistant starch ingredient. *Heliyon*. 7(3): 1-7.
- CHARLES A, CHANG Y, KO W, SRIROTH K, HUANG T. 2004. Some Physical and Chemical Properties of Starch Isolates of Cassava Genotypes. *Starch Stärke*. 56(9): 413–418.
- CHIN-LIN H, WENLUNG C, YUH-MING W, CHIN-YIN T. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chem*. 83: 85-92.
- CHIQUIZA M, LAURA, MONTOYA O, RESTREPO C, OROZCO F. 2016. Estudio de la microbiota del proceso de producción de almidón agrio de yuca. *Información tecnológica*. 27(5): 3-14.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1980. Norma 1553. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Caracas, Venezuela. pp. 7.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1981. Norma 1553. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de cenizas. Caracas, Venezuela. pp.7.

- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 2001. Norma 1483. Galletas. 1era Revisión. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. pp.11.
- CROWE T, SELINGMAN S, COPELAND L. 2000. Inhibition of enzyme digestion of amylose by free fatty acids in vitro contributes to resistant starch formation. *Journal of Nutrition*. 130: 2006-2008.
- CUBERO N, MONFERRER A, VILLALTA J. 2002. *Aditivos Alimentarios*. Mundi- Prensa Libros, Primera Edición, Madrid, España. pp.573.
- DA SILVA J, COLOMBO T, JENSEN S. 2015. Estudio comparativo das propriedades físico-químicas e tecnológicas de amido de mandioca nativo e fermentado. *Revista Ciências Exatas e Naturais*. 17(2): 261-274.
- DEBET R, GIDLEY, J. 2006. Three classes of starch granuleswelling: Influence of Surface proteins and lipids. *Carbohydrate Polymers*. 64 (3): 452-465.
- DEMIATE I; KOTOVICZ V. 2011. Cassava starch in the Brazilian food industry. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas. 31(2): 388-397.
- DÍAZ A, DINI C, VIÑA S, GARCÍA M. 2018. Technological properties of sour cassava starches: Effect of fermentation and drying processes. *LWT - Food Science and Technology*. 93:116-123.
- EME (eme de mujer). 2016. Sencillas galletas de almidón. Disponible en línea: <https://us.emedemujer.com/cocina/recetas/sencillas-galletas-de-almidon-de-yuca/> (Acceso 19.02.2019)
- FAO. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf> (Acceso 08.06.2018).
- FENNEMA O. 2010. *Química de los alimentos*, Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp.123, 126.
- FIGUEROA J, CADENA E, RINCÓN C, SALCEDO J. 2018. Modification of the fermentation process for sour cassava starch with expansion properties. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 16: 55-61.

- FISZMAN S, SALVADOR A. 2005. Las medidas de algunas propiedades físicas de los alimentos y su correlación con las medidas sensoriales. pp. 97-111 en:G. Hough y S. Fiszman, (eds), Estimación de la vida útil sensorial de alimentos. Programa CYTED, Primera Edición, Madrid, España.
- FUKUOKA M, OHTA K, WATANABE H. 2002. Determination of the terminal extent of starch gelatinization in a limited water system by DSC. J Food Eng. 53: 39-42.
- GAO L, WANG C, WANG J, WANG P, GAO X, EECKHOUT M, GAO J. 2022. Relationship between nitrogen fertilizer and structural, pasting and rheological properties on common buckwheat starch. Food Chemistry disponible <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006264> (Acceso 12.04.2022).
- GARCIA M, FRANCO C, JÚNIOR M, CALIARI M. 2015. Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 123(2): 919–926.
- GARCÍA O, PINZÓN M, SÁNCHEZ L. 2013. Extracción y propiedades funcionales de almidón de yuca, *Manihot esculenta*, variedad ICA, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. Alimentech ciencia y tecnología alimentaria.11(1):13-21.
- GARNICA A, PRIETO L, ROCÍO A, CERÓN M. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de alimentos. Alimentos Hoy. 19(21): 125-129.
- GIESE J. 1995. Measuring physical properties of foods. Food technol. 49: 54-63.
- GIUBERTI G, MARTI A, FORTUNATI P, GALLO A. 2017. Gluten free rice cookies with resistant starch ingredients from modified waxy rice starches: Nutritional aspects and textural characteristics. Journal of Cereal Science. 76: 157-164.
- GOMES A, MENDES C, NÁGILA. 2005. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). Carbohydrate Polymers. 60 (1): 1–6.

- GONZÁLES L, ARÉVALO S. 2001. Fabricación del polvillo ácido a partir del almidón de yuca. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*.1 (1): 49-53.
- GONZÁLEZ Z, PÉREZ E. 2003. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pregelatinizados y calentados con microondas. *Acta Cient.Ven.* 54:127-137.
- GRANADOS C, GUZMAN L, ACEVEDO D, DÍAZ M, HERRERA A. 2014. Propiedades funcionales del almidón de sagú (*Maranta arundinacea*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 12(2): 90-96.
- GRANITO M, GUINAND J, PÉREZ D, PÉREZ S. 2009. Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*. 34(2): 64-70.
- HANADEV T, TORBICA A, HANADEV M. 2013. Influence of buckwheat flour and carboximethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. *Food and Bioprocess technology*. 6: 1770-1781.
- HART F. 1991. *Análisis moderno de los alimentos*; Acribia. Zaragoza (España). pp. 331.
- HERNÁNDEZ E. 2005. Evaluación sensorial. Universidad Nacional abierta y a Distancia (UNAD), Facultad de Ciencias Básicas e ingeniería. Curso Tecnología de Cereales y Oleaginosas, Guía Didáctica, primera edición, Bogotá, Colombia, pp. 128. Disponible en línea en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>.(Acceso 18.11.2018).
- HERNÁNDEZ M, TORRUCO J, CHEL L, BETANCUR D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán México. *Ciencia y tecnología de alimentos*. 28 (3): 718-726.
- HSU S, LU S, HUANG C. 2000. Viscoelastic changes of rice starch suspensions during gelatinization. *Journal of food Science*. 65(2): 215-220.
- HUNTER ASSOCIATES LABORATORY. 2001. *Instruction Manual Hunter Lab*. Reston EUA. pp. 132.

- ISI (INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE).1999. Determination of pH in starch and syrup. ISI 26-5e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI). Disponible en línea en: <http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm> (Acceso 17.06.2018).
- JAMIL S, BUJANG A. 2016. Nutrient and Antinutrient composition of different variety of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves. J. Teknol. 78 (66), 59–63.
- JULIANTI Z, RIDWANSYA H, YUSRANI E, SUHAIDI I. 2011. Physicochemical and Functional Properties of Fermented Starch from Four Cassava Varieties. Asian Journal of Agricultural. 5 (6): 292-299.
- LADEIRA T, PEÑA R. 2011. Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. Alim. Nutr., Araraquara, 22(4): 631-640.
- LACERDA I, MIRANDA R, BORELLI B, NUNES A, NARDI R, LACHANC M, ROSA C. 2005. Lactic acid bacteria and yeasts associated with spontaneous fermentations during the production of sour cassava starch in Brazil. International Journal of Food Microbiology. 105: 213– 219.
- LEGUIZAMÓN A, ROMPATO K, HOYOS R, AUDISIO M. 2021. Nutritional evaluation of three varieties of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Formosa, Argentina. Journal of Food Composition and Analysis.101: 1-6.
- LEONEL M. 2007. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botánicas. Ciênc. Tecnol. Aliment. 27(3): 579-588.
- LEONEL M, DE SOUZA D, RODRIGUES T. 2021. Unmodified cassava starches with high phosphorus content. International Journal of Biological Macromolecules. 187: 113–118.
- LIENDO M, SILVA M. 2015. Producto tipo galleta elaborado con mezcla de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan* L.) y almidón de maíz (*Zea mays* L.). Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. 27(1): 78-86.
- LINDERBOOM N. 2004. Analytical biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches. Starch/Starke. 56: 89-99.

- LUALLEN T. 2018. Utilizing Starches in Product Development. *Starch in Food*. 545–579.
- MACHADO A, MACHADO F, PEREIRA J. 2010. Caracterização física, química e tecnológica do polvilho azedo. *Revista Verde*. 5(3): 1-6.
- MACHADO A, DINIZ I, TEIXEIRA M, BIRCHAL V. 2012. Estudo do efeito da secagem por radiação Ultravioleta nas propriedades tecnológicas da fécula de mandioca fermentada. *e-xacta, Belo Horizonte*. 5(1): 7-14.
- MARCON M, VIEIRA G, DE SIMAS K, SANTOS K, VIEIRA M, AMBONI R, AMANTE E. 2007. Effect of the improved fermentation on physicochemical properties and sensorial acceptability of sour cassava starch. *Brazilian archives of biology and technology*. 50(6): 1073-1081.
- MARTÍNEZ P, PEÑA F, GÓMEZ Y, VARGAS G, VELEZMORO C. 2019. Propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) var. 'única'. *Rev Soc Quím Perú*. 85(3): 338-351.
- MEAÑO N, CIARFELLA A, DORTA A. 2014. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *SABER*. 26(2): 182-187.
- MELANLEY D, PAREYT B, DELCOUR J. 201. Galletas de masa corta. *Tecnología de galletas, galletas saladas y galletas de Manley* 331-346.
- MESQUITA C, LEONEL M, LANDI C, LEONEL S, GARCIA E, THAÍS R. 2016. Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules*. 89: 1–8.
- MOIRAGHI M. 2013. Calidad tecnológica de trigos blandos para la obtención de galletitas. Asociación entre la composición genética del grano y las propiedades físico-químicas de sus harinas. Córdoba, Argentina. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba [Disertación Doctor en Ciencias Agropecuarias]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2210/Moiraghi%2C%20M%20alena%20%20Calidad%20de%20trigos%20blandos%20para%20la%20obtención%20de%20galletitas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Acceso 19.02.2019).

- MONTOYA H. 2007. Estudio técnico y económico de la utilización de ceras naturales en la conservación de raíces de yuca fresca. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. [Disertación Ingeniero en alimentos], pp. 133.
- MONTOYA J; GIRALDO G, LUCAS J. 2012. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE BLANCURA EN HARINA DE TRIGO COMERCIAL. *Vitae*. 19(1): 415-416.
- MOORTHY S. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch*. 54: 559-592.
- MORALES M, RODRÍGUEZ E, SEPÚLVEDA J. 2012. Evaluación de las propiedades físicas y texturales del buñuelo. *Rev. Lasallista de investig.* 9(2):112-121.
- NUWAMANYA E, BAGUMA Y, EMMAMBUX N, TAYLOR J, RUBAYHAYO P. 2010. Physicochemical and functional characteristics of cassava starch in Ugandan varieties and their progenies. *Journal of plant breeding and crop science*. 2(1):1-11.
- NUNES D. 2020. Avaliação físico-química de biscoitos com e sem glúten desenvolvidos para substituir palitos de picolés. *Research, Society and Development*. 9 (11): 1-14.
- OLIVEIRA D, DEMOGALSKI L, DIAS A, PEREIRA L, ALBERTI A, LOS P, DEMIATE I. 2021. Traditional sour cassava starch obtained with alterations in the solar drying stage. *Food Science and Technology*. Campinas, 41(1): 319-327.
- ONITILLO M, SANI L, DANIEL I, MAZIYA B, DIXON A. 2007. Physicochemical and functional properties of native starches from cassava varieties in Southwest Nigeria. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 5 (3 and 4): 108-114.
- OYEWINKA S, ADELOYE A, OLAOMO O, KAYITESI E. 2019. Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root. *Food Bioscience*. 9-34.

- PARK J, CHOI I, KIM Y. 2015. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. *LWT - Food Science and Technology* 63(1): 660–666.
- PASTRANA F, ALVIZ H, SALCEDO J. 2014. Respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. *Acta Agronómica*. 64 (1): 48-53.
- PEÑARANDA O. 2008. Revisión de la modificación química del almidón con ácidos Orgánicos. *Revista ingeniería e investigación*. 28(3). Disponible en línea en:http://www.revistaingenieria.unal.edu.co/Resumenes/28_3/6_804.pdf (Acceso 29.05.2018).
- PÉREZ E, SCHULTZ E, PACHECO D. 2005. Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocassia esculenta* (taro). *Carb. Polym.*60 (2):139-145.
- PEREIRA I, VAGULA J, MARCHI D, GLEICE R, ALMEIDA S, MARUYAMA S. 2016. Easy method for removal of cyanogens from cassava leaves with retention of vitamins and Omega-3 fatty acids. *J. Braz. Chem. Soc.* 27 (7): 1290–1296.
- PEREIRA J, AQUINO A, CARDOSO D, ROCHA G, MANIQUE P, AMANTE R. 2016. Características das águas residuais da fermentação do amido de mandioca com base na degradação estrutural dos grânulos de amido. *Ciência rural, Santa María*. 46(4):732-738.
- PRAZERES K, ANDRADE I, CAMILLOTO G, RENATO C. 2020. Physicochemical and functional properties of mangalô bean (*Lablab purpureus* L.) starch. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 16: 1-8.
- PUERTA Q. 2010. Fundamentos en los procesos de fermentación. *Revista de Gerencia Técnica/Programa de investigación científica*. 402 (2427):1-12.
- PUTRI W, HARYADI D, MARSENO, CAHYANTO M. 2011. Effect of biodegradation by Lactic Acid Bacteria on physical properties of cassava starch. *International Food Research Journal* 18(3): 1149-1154.

- RATNAYAKE W, HOOVER R, WARKENTIN T. 2002. Pea starch: Composition, structure and properties-a review. *Starch/ Stärke*. 54:217-234.
- RILEY C, WHEATLEY A, ASEMOTA H. 2006. Physicochemical characterization of starches from jamaican yams (*Dioscorea* spp.): Potential for pharmaceutical exploitations. *European Journal of Scientific Research*. 15 (2): 207-219.
- RÍOS L, AGUILA S. 2001. Fabricación de polvillo ácido a partir de almidón de yuca, *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*. 1(1): 43-59.
- SALCEDO M, RESTREPO C, LOZANO E, GARCÍA A, CERVERA M. 2017. Análisis de las propiedades funcionales en Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización. Primera edición. Editorial; Universidad de Sucre, Colombia. pp 71.
- SALCEDO J, CERVERA M, RESTREPO C. 2017. Lintnerización de almidones nativos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y ñame (*Dioscorea rotundata*). *VITAE*. 24 (2): 55-67.
- SARIFUDIN A, KEERATIBURANA T, SOONTARANON S, TANGSATHITKULCHAI C, TONGTA S. 2020. Pore characteristics and structural properties of ethanol-treated starch in relation to water absorption capacity. *LWT - Food Science and Technology*. 129: 1-8
- SÍVOLI L, PÉREZ E, RODRÍGUEZ P. 2012. Análisis estructural del almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* C.) empleando técnicas morfométricas, químicas, térmicas y reológicas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 29: 293-313.
- SUMARDIONO S, PUDJIHASTUTI I, JOS B, TAUFANI M, YAHYA F. 2016. Modification of Cassava Starch Using Combination Process Lactic Acid Hydrolysis and Micro Wave Heating to Increase Coated Peanut Expansion Quality. *International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering (ISFACH)*: 1-12.
- TAGGART P. 2004. Starch as an ingredient: manufacture and applications. In: Eliasson, A-C. *Starch in food. Structure, function and applications*. Cambridge, Reino Unido. Woodhead Publishing Limited.

- TANG M., COPELAND L. 2007. Analysis of complexes between lipids and wheat starch. *Carbohydrate Polymers*. 67(1): 80–85.
- TAPPIBAN P, SRAPHET S, SRISAWAD N, WU P, HAN H, SMITH D, TRIWITAYAKORN K. 2020. Effects of cassava variety and growth location on starch fine structure and physicochemical properties. *Food Hydrocolloids*. 108: 1-11.
- TECHEIRA N. 2008. Formulación y evaluación de productos alimenticios dirigidos al adulto mayor a base de almidones modificados y harina de ñame (*Discorea alata*). Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias y Tecnología de los alimentos [Disertación Doctoral], pp. 341.
- TESTER F, KARKALAS J, QUI X. 2004. Starch- composition, Fine structure and architecture. *Journal cereales Science*. 39:151-165.
- TOVAR T. 2008. Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. [Disertación grado Licenciado en química de alimento], pp.79.
- UBWA S, ABAH J, ASEMAVE K, SHAMBE T. 2012. Studies on the Gelatinization Temperature of Some Cereal Starches. *International Journal of Chemistry*. 4(6). 22-28.
- VALDEZ J, HERNANDEZ R. 2014. Guía técnica para la producción de yuca. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Santo Domingo, DO. pp.64.
- VARGAS P, ARAYA Y, LÓPEZ R, BONILLA A. 2012. Característica de calidad y digestibilidad in vitro del almidón agrio de yuca (*Manihot esculenta*) producido en Costa Rica. *Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de alimentos*. 3 (1): 001-013.
- VARGAS P, y HERNÁNDEZ P. 2013. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*. 26 (1): 37-45.
- VON M, MACHADO.2005. Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 4 (5): 319-323.

- WANG J, TANG X, CHEN P, HUANG H. 2014. Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. *Food Chemistry*. 156: 319–325.
- WITCZAK M, ZIOBRO R, JUSZCZAK L, KORUS J. 2016. Starch and starch derivatives in gluten-free systems A review *Journal of Cereal Science*. 67: 46-57.
- YOSHIMOTO Y, TASHIRO J, TAKENOUCI T, TAKEDA Y. 2000. Molecular Structure and some physicochemical properties of high amylose barley starch. *Cereal Chemistry*. 77: 279-285.
- ZUÑIGA V. 2019. Extracción y análisis comparativo de las características del almidón de malanga (*Xanthosoma saggitifolium*), yuca (*Manihot esculenta*) y papa china (*Colocasia esculenta*) Disponible en línea en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5485/1/UNACH-EC-ING.AGRO-IND-2019-0004.pdf> (Acceso 01-02-2023).

APÉNDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza para % Rendimiento de almidón nativo y fermentado en tres periodos de tiempos.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	de	3	22,5748	7,52494	1,92	0,2283 ^{ns}
Rep		2	5,7373	2,86866	-----	-----
Error		6	23,5703	3,92839	-----	-----
Total		11	51,8825			

CV =8,72

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.

SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 2. Análisis de varianza para % de humedad de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	de	3	0,245495	0,08180	2,41	0,1649 ^{ns}
Rep		2	0,19095	0,09547	-----	-----
Error		6	0,20325	0,03387	-----	-----
Total		11	0,63960			

CV =1,32

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.

SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de ceniza de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente de variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	0,05990	0,01997	9308,52	0000**
Rep	2	3,984x10 ⁻⁶	1,992x10 ⁻⁶	-----	-----
Error	6	1,286x10 ⁻⁵	2,145x10 ⁻⁶	-----	-----
Total	11	0,05991			

CV =2,23

**Altamente significativo (p<0,05), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.

SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 4. Comparación de medias MDS entre las interacciones del % ceniza de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	0,1882	a
7	0,0249	b
14	0,0262	b
21	0,0240	b

Cuadro 5. Análisis de varianza para el pH de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente de variación	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	10,8031	3,60103	28,32	0,0006**
Rep	2	0,0696	0,03481	-----	-----
Error	6	0,7630	0,12716	-----	-----
Total	11	11,6357			

CV =6,87

**Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 6. Comparación de medias MDS entre las interacciones del pH de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	6,72	a
7	5,22	b
14	4,48	c
21	4.33	c

Cuadro 7. Análisis de varianza para acidez titulable de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempos.

Fuente de variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	9,55x10 ⁻⁷	3,20x10 ⁻⁹	6,21	0,0286
Rep	2	3,74x10 ⁻⁹	1,17x10 ⁻⁹	-----	-----
Error	6	3,09x10 ⁻⁷	5,14x10 ⁻⁸	-----	-----
Total	11	1,27x10 ⁻⁶			

CV =32,24

*Significativo (p<0,05), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.

SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 8. Comparación de medias MDS entre las interacciones de la acidez titulable de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	0,00118	a
7	0,000488	b
14	0,000541	b
21	0,000596	b

Cuadro 9. Análisis de varianza para temperatura de gelatinización de almidón de yuca nativo y fermentados en tres periodos de tiempo.

Fuente de variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	1,20917	0,40306	4,49	0,0560 ^{ns}
Rep	2	1,05500	0,52750	-----	-----
Error	6	0,53833	0,08972	-----	-----
Total	11	2,80250			

CV =0,45

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.

SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 10. Análisis de varianza para % CRA de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente de variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	8707,7	29025,7	22,73	0,0011 [*]
Rep	2	1793,1	896,6	-----	-----
Error	6	7660,7	1276.8	-----	-----
Total	11	96531,1			

CV =5,50

** Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.

SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 11. Comparación de medias MDS entre las interacciones capacidad de retención de agua de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
14	741,34	a
21	681,14	ab
7	667,77	b
Sin fermentar	510,72	c

Cuadro 12. Análisis de varianza para IAL de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente de variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	4699,56	1566,52	131,18	0,0000**
Rep	2	34,35	17,17	-----	-----
Error	6	71,65	11,94	-----	-----
Total	11	4805,55			

CV =3,09

** Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad.
 SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 13. Comparación de medias MDS entre las interacciones índice de absorción de lípidos de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
14	139,20	a
Sin fermentar	117,57	b
7	106,55	c
21	84,32	d

Cuadro 14. Análisis de varianza para capacidad emulsificante de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	10,8764	3,62547	34,01	0,0004**
Rep	2	0,2883	0,14417	-----	-----
Error	6	0,6797	0,11328	-----	-----
Total	11	11,8444			

CV =5,57

** Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 15. Comparación de medias MDS entre las interacciones de la capacidad emulsificante de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
14	7,27	a
21	5,49	a
7	5,49	b
Sin fermentar	4,82	b

Cuadro 16. Análisis de varianza para el poder de hinchamiento (PH) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempos.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo fermentación	de	3	2,37473	0,79158	21,58	0,0013*
Rep		2	0,11299	0,05650	-----	-----
Error		6	0,22007	0,03668	-----	-----
Total		11	2,70779			

CV =3,01

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 17. Comparación de medias MDS entre las interacciones de poder de hinchamiento de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
21	6,5779	a
14	6,8348	ab
Sin fermentar	6,3730	b
7	5,6399	c

Cuadro 18. Análisis de varianza para el índice de absorción de agua de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente de variación	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	2,32166	0,77389	20,85	0,0014 **
Rep	2	0,10449	0,05224	-----	-----
Error	6	0,2267	0,03711	-----	-----
Total	11				

CV =3,05

**Altamente Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 19. Comparación de medias MDS entre las interacciones índice de absorción de agua de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
7	6,7898	a
21	6,5480	ab
Sin fermentar	6,3403	b
7	5,6123	c

Cuadro 20. Análisis de varianza para el índice de solubilidad en agua (ISA) de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	0,08472	0,02824	19,57	0,0017*
Rep	2	0,00812	0,00406	-----	-----
Error	6	0,00866	0,00144	-----	-----
Total	11	0,10150			

CV =3,62

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 21. Comparación de medias MDS entre las interacciones índice de solubilidad en agua de almidón de yuca nativo y fermentado en tres periodos de tiempo.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	1,0881	a
14	1,1203	a
21	1,0797	a
7	0,9052	b

Cuadro 22. Análisis de varianza parámetros de color L* en almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo fermentación	de	3	19,9642	6,65472	21,02	0,0014**
Rep		2	0,1425	0,07123	-----	-----
Error		6	1,8993	0,31656	-----	-----
Total		11	22,0060			

CV= 0,57

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 23. Comparación de medias MDS entre las interacciones de parámetro de color L* de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
7	99,07	a
14	99,55	a
21	99,94	a
Sin fermentar	96,63	b

Cuadro 24. Análisis de varianza parámetros de color a* en almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	7,58007	2,52699	39,12	0,0002**
Rep	2	0,07440	0,03870	-----	-----
Error	6	0,038753	0,06459	-----	-----
Total	11	8,04500			

CV= 9,41

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 25. Comparación de medias MDS entre las interacciones de parámetro de color a* de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	3,48	a
7	3,42	a
14	2,30	b
21	1,59	b

Cuadro 26. Análisis de varianza parámetros de color b* en almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	0,00656	0,00219	60,54	0,0001**
Rep	2	0,00012	0,0006	-----	-----
Error	6	0,00022	0,00004	-----	-----
Total	11	0,00689			

CV= 0,31

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 27. Comparación de medias MDS entre las interacciones de parámetro de color b* de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
7	1,97	a
14	1,98	a
21	1,99	a
Sin fermentar	1,93	b

Cuadro 28. Análisis de varianza para el índice de blanco (IB) en almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	12,3348	4,11159	49.73	0,0001**
Rep	2	0,0704	0,03521	-----	-----
Error	6	0,4961	0,08269	-----	-----
Total	11	12,9013			

CV= 0,30

*Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 29. Comparación de medias MDS entre las interacciones de índice de blanco de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
14	96,87	a
21	97,45	a
7	95,92	b
Sin fermentar	94,77	c

Cuadro 30. Análisis de varianza para el volumen específico de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	0,85420	0,28473	24,85	0,0009**
Rep	2	0,00052	0,00026	-----	-----
Error	6	0,06875	0,01146	-----	-----
Total	11	0,92347			

CV= 5,11

**Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 31. Comparación de medias MDS entre las interacciones de volumen específico de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	2,29	a
21	2,42	a
7	1,90	b
14	1,77	b

Cuadro 32. Análisis de varianza para el atributo apariencia general de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	11,153	3,71751	3,13	0,0272*
Rep	58	155,525	2,68147	-----	-----
Error	174	206,847	1,18878	-----	-----
Total	235	373,525			

CV= 14,84

* Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 33. Comparación de medias MDS entre las interacciones del atributo apariencia general de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	7,49	a
14	7,41	a
21	7,44	a
7	6,95	b

Cuadro 34. Análisis de varianza para el atributo color de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	de	3	12,559	4,18644	3,15	0,0263*
Rep		58	196,449	3,38705	-----	-----
Error		174	230,941	1,32725	-----	-----
Total		235	439,949			

CV= 16,68

* Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 35. Comparación de medias MDS entre las interacciones del atributo color de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	7,22	a
21	7,03	ab
14	6,71	b
7	6,66	b

Cuadro 36. Análisis de varianza para el atributo olor de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	de	3	13,877	4,62571	3,29	0,0219*
Rep		58	244,102	4,20865	-----	-----
Error		174	244,373	1,40444	-----	-----
Total		235	502,352			

CV= 16,68

* Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 37. Comparación de medias MDS entre las interacciones del atributo olor de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	7,49	a
21	7,12	ab
7	6,97	b
14	6,84	b

Cuadro 38. Análisis de varianza para el atributo sabor de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3		13,199	4,39972	2,90	0,0363*
Rep	58		228,720	3,94345	-----	-----
Error	174		263,551	1,51466	-----	-----
Total	235		505,470			

CV= 16,59

* Significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 39. Comparación de medias MDS entre las interacciones del atributo sabor de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
Sin fermentar	7,68	a
21	7,63	a
14	7,24	ab
7	7,14	b

Cuadro 40. Análisis de varianza para el atributo textura de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	14,932	4,97740	4,06	0,0081**
Rep	58	360,025	6,20733	-----	-----
Error	174	213,568	1,22740	-----	-----
Total	235	588,525			

CV= 15,43

**Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 41. Comparación de medias MDS entre las interacciones del atributo textura de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
0	7,31	a
21	7,46	a
14	7,17	ab
7	6,78	b

Cuadro 42. Análisis de varianza para el atributo aceptabilidad global de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Fuente variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo de fermentación	3	21,572	7,19068	7,71	0,0001**
Rep	58	230,907	3,98115	-----	-----
Error	174	162,178	0,93206	-----	-----
Total	235	414,657			

CV= 12,81

**Altamente significativo ($p < 0,05$), ns=no significativo, g.l.= grados de libertad. SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado. P=Probabilidad.

Cuadro 43. Comparación de medias MDS entre las interacciones del atributo aceptabilidad global de galletas elaboradas a partir de almidón de yuca nativo y fermentado.

Tiempo de fermentación	Media	Ámbito
0	7,91	a
21	7,71	ab
14	7,41	bc
7	7,12	c

ANEXO

Cuadro 1A. Composición fisicoquímica de los polvillos durante la fermentación del almidón de yuca nativo y fermentado

Tiempo de Fermentación (días)	Ceniza (%)	pH
Nativo	0,27	6,7
5	0,26	5,5
10	0,27	5,8
15	0,26	4,5
20	0,26	5,0
25	0,30	4,3

Fuente: Gonzáles y Arévalo 2001

Cuadro 2A. Temperatura de gelatinización de almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fermentados en diferentes tiempos

Tiempo de fermentación (días)	Temperatura de gelatinización (°C)
5	63,10-64,13
10	62,85-64,08
15	63,00-65,08
20	64,25-65,45
25	63,78-65,14

Fuente: Adegunwa *et al.* 2011

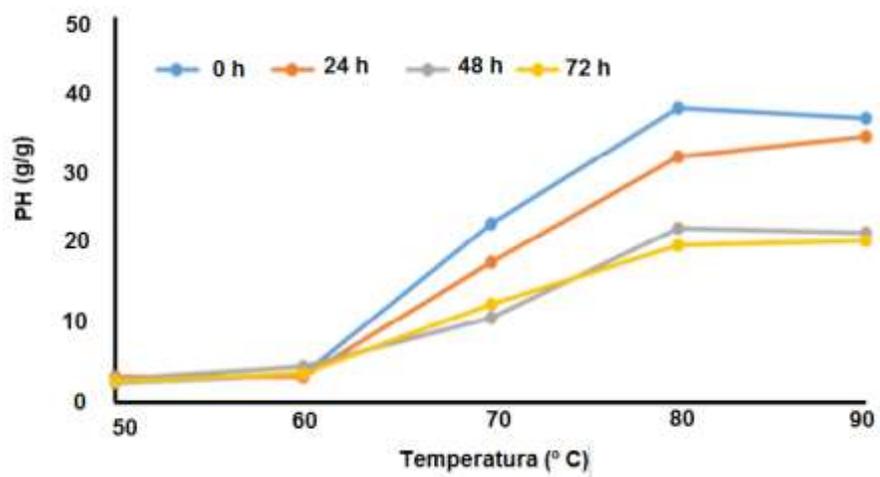


Figura 1A. Poder de hinchamiento (PH) para almidones fermentados de yuca.

Fuente: Oyeyinka *et al.* 2019

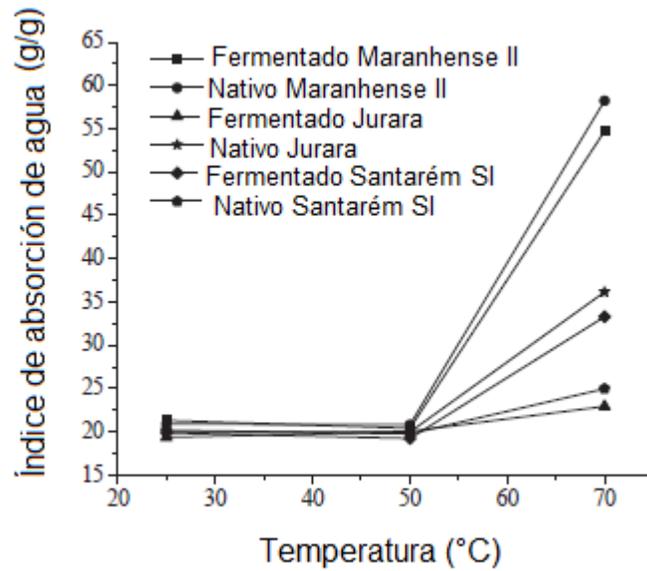


Figura 2A. Índice de absorción de agua de almidones nativos y fermentados de diferentes variedades de yuca.
Fuente: Ladeira y Peña 2011

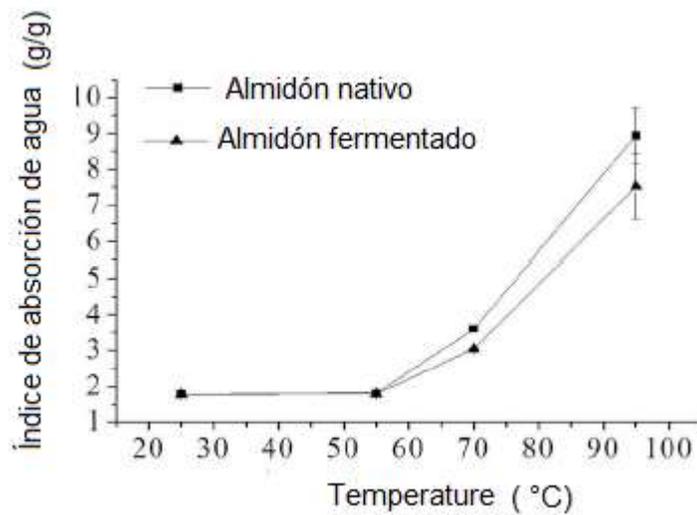


Figura 3A. Índice de absorción de agua de almidones nativos y fermentados de semilla de canario (*Phalaris canariensis*).
Fuente: Dias *et al.* 2021

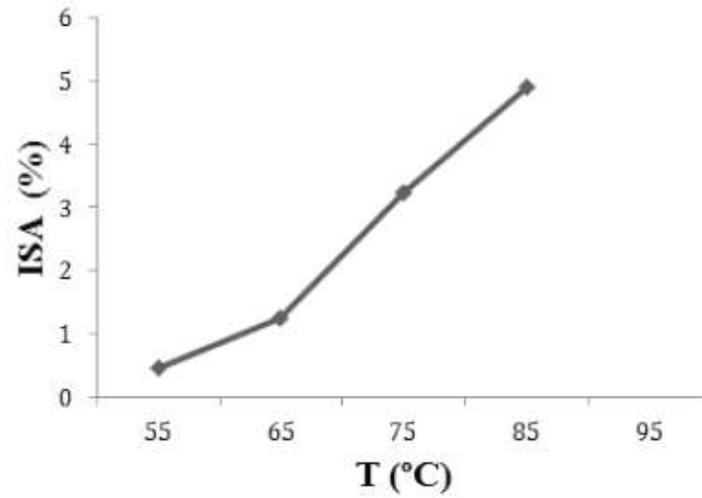


Figura 4A. Índice de solubilidad en función de la temperatura del almidón de ñame congo.

Fuente: Meaño *et al.* 2014

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Evaluación de las propiedades físicas, químicas y funcionales de almidón de yuca fermentado (Manihot esculenta crantz) y su factibilidad de uso en la elaboración de galletas
---------------	--

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Marchán Figueroa Gabriel Alexander	CVLAC	C.I: 23.535.827
	e-mail	marchanalexander62199513@gmail.com
Guerra Narváez Laleska Karolina	CVLAC	C.I: 23.534.549
	e-mail	guerralk23@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

almidón, fermentación, propiedades funcionales, galletas
tesis de grado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y Ciencias Aplicadas	Tecnología de Alimentos

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

Resumen (Abstract):

Los almidones fermentados, especialmente los de yuca, tienen potencial para ser usados en la elaboración de panes y galletas libres de gluten razón por la que en esta investigación se planteó como objetivo evaluar las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fermentado en tres periodos de tiempo y su factibilidad de uso en la elaboración de galletas. El experimento se llevó a cabo mediante diseño de bloques al azar y tres repeticiones y los resultados se evaluaron a través de un ANAVA con un nivel de significancia del 95 % ($p < 0,05$). Los resultados del rendimiento (%R) del almidón nativo (sin fermentar) y fermentado durante 7, 14 y 21 días, variaron entre 20,91 y 24,75 % y se evidenció que el tiempo de fermentación no afectó este parámetro. La caracterización fisicoquímica del almidón de yuca fermentado durante 7, 14 y 21 días mostró valores más bajos en todos los parámetros evaluados a excepción del %humedad; en comparación con lo obtenido para almidón sin fermentar que presentó los valores más altos para ceniza (0,1882 %), pH (6,7) y acidez titulable (0,00118 mEqAL/g Almidón), demostrando con esto que el tiempo de fermentación influyó sobre las propiedades físicas y químicas antes mencionadas. La temperatura de gelatinización (Tg) estuvo comprendida entre 66,7 y 67,5 °C con un comportamiento no significativo para el almidón nativo y fermentado. El tiempo de fermentación arrojó variaciones significativas en todas las propiedades funcionales de los almidones, encontrándose los valores más altos de capacidad de retención de agua (CRA) (741,34%), índice de absorción de lípidos (IAL) (139,20%), capacidad emulsificante (CE) (7,27%), poder de hinchamiento (PH) (6,8348 g/g), índice de absorción de agua (IAA) (6,7898 g/g) e índice de solubilidad en agua (ISA) (1,1203 g/g) para el almidón fermentado durante 14 días, en comparación con el almidón fermentado por 7 y 21 días; evidenciándose además los bajos valores del almidón nativo (sin fermentar) en CRA (510,72 %) y CE (4,82 %). Los parámetros de color L*, a* y b* y el índice de blanco indicaron que los almidones de yuca evaluados tienden al blanco con matices que van hacia el rojo y hacia el amarillo. El volumen específico de las galletas elaboradas a partir de almidón de yuca fermentado a los 7, 14 y 21 días varió de 1,77 a 2,42 cm³/g, encontrándose el valor mayor en la galleta con almidón fermentado por 21 días, Las galletas formuladas a partir de almidón nativo obtuvieron la mayor aceptabilidad por los panelistas en la mayoría de los atributos evaluados a excepción de la textura, donde resultó más favorecida y aceptaba la galleta elaborada con almidón fermentado por 21 días.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Lcda. Marglorys Marchán	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 16.696.718
	e-mail	mmarchan.udomonagas@gmail.com
Msc. Mary Longart	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 4.502.462
	e-mail	mlongart5@gmail.com
Dra. Meylan Liendo	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 12.152.196
	e-mail	mliendo.udomonagas@gmail.com
Dra. Liseth Cárdenas	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 10.307.266
	e-mail	lcardenas.udomonagas@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	03	16

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOTTG_MFGA2023

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Tecnología de Alimentos

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Licenciatura

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago, a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,


JUAN A. BOLANOS CURIEL
Secretario



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR Ragley
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/marujá

Hoja de metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (VIGENTE a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, que deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



Gabriel Marchan



Laleska Guerra

Autores



Lcda Marglorys Marchan
Asesor académico



Msc. Mary Longart
Co-asesor Académico