

Propuesta metodológica para la evaluación de las características fisicoquímicas de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), utilizadas como materia prima para la preparación de hojuelas fritas.

Proposed methodology for the evaluation of the physicochemical characteristics of two varieties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), used as raw material for the preparation of fried chips.

Norma Patricia Durán Osorio^{1*}, Magda Alejandra Rojas Rivera²
Escuela de Química, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia
npatricia@utp.edu.co

Resumen—Se estudiaron las características fisicoquímicas que presentaron dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), y su influencia en las hojuelas fritas (chips de yuca), y con base en los resultados, determinar cuál de las dos variedades era la mejor opción para su procesamiento, en una empresa procesadora de alimentos. Las variedades de yuca analizadas fueron: Chiroso (MCol 2066) e ICA (HMC1), cada una, en tres edades de período vegetativo (10, 11 y 12) meses, las cuales se cultivaron y cosecharon en el eje cafetero.

Para dar respuesta al objetivo del proyecto, se realizaron las pruebas a la materia prima, tales como: contenido de almidón, materia seca, ácido cianhídrico, amilosa, amilopectina, fibra cruda y azúcares reductores; posteriormente se procesaron hojuelas de yuca de cada variedad y edad (individualmente), usando el proceso de producción descrito por la empresa; finalmente se realizaron las siguientes pruebas para el producto terminado: análisis de color (matiz y luminosidad), textura (dureza), ácido cianhídrico y contenido de grasa. Los datos arrojados en cada prueba realizada, fueron analizados mediante el análisis de varianza, con el programa SPSS 20.

Con base en los resultados obtenidos se determinó que la variedad ICA en el período vegetativo de 10 meses era la mejor opción como materia prima con un valor de dureza en el producto terminado de 14 Kg.s (el menor valor entre las dos variedades en los tres períodos vegetativos), siendo este el parámetro de calidad de mayor relevancia ya que no se desean productos con alta dureza; seguido de un valor alto de luminosidad, bajo contenido de grasa y un valor bajo en matiz.

Palabras clave— Yuca, (*Manihot esculenta* Crantz), mandioca dulce, ICA (HMC1), CHIROSA (Mcol 2066), análisis fisicoquímico.

Abstract— Physicochemical characteristics were studied who had two varieties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and its influence on, (cassava chips), and based on the results, determine which of the two varieties was the best choice for processing into a food processor. Cassava varieties were analyzed: Chiroso (MCol 2066) and ICA (HMC1), each in three ages of the growing season (10, 11 and 12) months, which were grown in the coffee.

To meet the objective of the project, tests were performed on the raw material, such as starch, dry matter, hydrocyanic acid, amylose, amylopectin, crude fiber and reducing sugars, then processed cassava chips of each variety and age (individually) using the production process described by the company; finally underwent the following tests for the finished product: color analysis (hue and brightness), texture (hardness), hydrocyanic acid and fat content.

The data obtained in each test performed, were analyzed using analysis of variance, using SPSS 20. Based on the obtained results it was determined that the variety ICA in 10-month growing season was the best choice as a raw material with a hardness value in the finished product of 14 kg / s (the lower of the two varieties in three ages of the growing season), which is the parameter most important quality because it does not want products with high hardness, followed by a high value of luminosity, low-fat and a low value in hue.

Key Word — Yuca, (*Manihot esculenta* Crantz), ICA (HMC1) Chiroso (Mcol 2066), physicochemical analysis

I. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de aumentar la producción de los recursos alimenticios en países Latinoamericanos, es de esperar que se le preste mayor atención al cultivo, consumo e industrialización de raíces y tubérculos tropicales. El sector agroindustrial juega un papel muy importante ante esta necesidad, pues su mayor objetivo es transformar las materias primas extraídas directamente de la naturaleza, en un producto terminado de fácil acceso y consumo, para así lograr satisfacer las necesidades de las personas y mejorar su rentabilidad económica.

Uno de los ejemplos acoplados al sector agroindustrial es la fritura de hojuelas o chips de diversos productos agrícolas (papa, plátano, productos de maíz y piel de cerdo). En Colombia, alrededor del 20% de los alimentos consumidos son de este tipo y a su vez han presentado un elevado crecimiento a nivel mundial. [1],[2]

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un alimento de gran aceptación a nivel mundial, además de la importancia socioeconómica que tiene y por considerarse, no solo como uno de los componentes principales de la canasta familiar, sino que ha contribuido significativamente en la generación de empleo y como fuente de materia prima en las industrias procesadoras de alimentos para consumo humano y animal; es un producto agrícola que es adecuado para la agroindustrialización y desarrollo de nuevos productos, por ser un cultivo de fácil adaptación a las condiciones climatológicas de muchas regiones. [1],[3]

Las hojuelas de yuca frita preparadas a partir de las raíces frescas no presentan notable expansión y suelen ser muy duras; estas características de calidad de las hojuelas se ven afectadas por el contenido de azúcares reductores, contenido de agua inicial y variables del proceso. La yuca además, presenta contenido de fibra y cianuro, los cuales durante el proceso de fritura logran eliminarse [4], [5]

El presente artículo tiene como propósito mostrar el análisis de resultados del estudio fisicoquímico para dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas en la región del eje cafetero (Chiroso ó MCol 2066 e ICA ó HMC1) en las edades de período vegetativo (10, 11 y 12 meses); usadas como materia prima en la preparación de hojuelas fritas en una empresa procesadora de alimentos, y determinar cuál de las variedades estudiadas y en qué edad, se puede considerar como la mejor opción para el procesamiento de las hojuelas fritas en la empresa procesadora de alimentos.

II. CONTENIDO

A. MATERIALES Y MÉTODOS

B. MATERIA PRIMA

Las dos variedades de yuca analizadas fueron: Chiroso (MCol 2066), cosechada en la finca (La Esperanza) ubicada en Armenia (Quindío) (1551 msnm), e ICA (HMC1), cosechada en la finca (El Ceilán), ubicada en Belalcázar (Caldas) (1632 msnm). Las variedades fueron evaluadas en las edades de período vegetativo 10, 11 y 12 meses.

C. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Se llevó a cabo con respecto al siguiente diagrama:

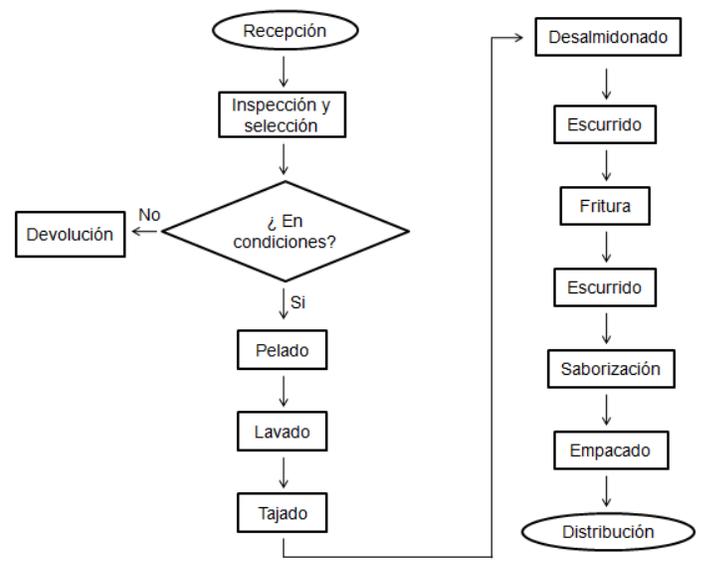


Figura 1. Proceso de inspección y selección de la materia prima (Nota: este proceso es el que se lleva a cabo en la empresa).

Durante el proceso de inspección y selección de la materia prima, se tuvo en consideración los siguientes parámetros de aceptación:

1. El diámetro del tubérculo debe estar entre 5 – 8 cm
2. Debe presentar un grado de madurez fisiológico óptimo para el procesamiento
3. Debe ser una yuca fresca (cosechada máximo el día anterior a su procesamiento)
4. No debe presentar deterioro físico ni microbiológico

En la empresa procesadora de alimentos el no cumplimiento de estos parámetros determinaba el rechazo de la materia prima.

También fué de gran importancia tener en cuenta los requisitos mínimos que describe la norma CODEX ALIMENTARIUS para la yuca (mandioca dulce) referente a las características externas de las raíces (estar enteras, exentas de material extraño, plagas y humedad).

D. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS:

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: ANÁLISIS A LA MATERIA PRIMA

El muestreo se realizó seleccionando siempre tres raíces de cada lote, con parte de tallo y se conservaron a 10°C.



Figura 2. Materia prima – Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

F. PARÁMETROS DE ACEPTACIÓN DE LA MATERIA PRIMA SEGÚN LA NORMA CODEX ALIMENTARIUS, [6]

Azúcares Reductores (%), [7]

Los azúcares reductores fueron cuantificados por el método empleado en [8].

Amilosa (%)

El contenido de amilosa se determinó por el método establecido en [9].

Materia seca (%), [10]

La técnica utilizada para la determinación de éste contenido, fue la establecida por la norma ICONTEC (2002).

Ácido cianhídrico (ppm en base seca), [10]

La cantidad de ácido cianhídrico fue estimada en la pulpa fresca utilizando el método cualitativo empleado en [11]

Azúcares totales (para el cálculo del % de almidón), [7]

Almidón (%)

El contenido de almidón se calculó matemáticamente, teniendo en cuenta los valores obtenidos de fibra cruda, cenizas, contenido de grasa, proteínas y azúcares totales (análisis proximal o análisis de weende).

Amilopectina (%)

% de amilopectina = % de almidón - % de amilosa (Esta relación matemática es recomendada en el CIAT)

Fibra cruda (%), [12]

G. ANÁLISIS AL PRODUCTO TERMINADO:



Figura 3. Chips de Yuca – Producto terminado.

Ácido cianhídrico (ppm en base seca), [5]

La prueba fue realizada utilizando el método cuantitativo como se describe en [13].

Color (L*)(h°), [14]

Se midió por reflectancia utilizando un espectrocolorímetro HunterLab ColorQuest XE, con observador 10° e iluminante D65. Se analizaron las coordenadas L* (luminosidad) y h° (matiz) para obtener la valoración de color.

Dureza (Kg/sec), [14]

Se utilizó un Texturómetro Stable Micro Systems; Modelo Texture Analyzer – XT plus, en el cual se realizaron ensayos de extrusión utilizando una celda con referencia Ottawa cell (A/OTC) de 25 Kg, con el objetivo de evaluar los parámetros de fuerza máxima de compresión (Fc). La cantidad de muestra utilizada fue de 25 Kg por cada repetición.

Grasa (%), [12]

H. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, que se muestra a continuación, reporta las medias para cada una de las variables analizadas en la materia prima y en el producto terminado.

VARIEDAD	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS ANALIZADAS											
	MATERIA PRIMA							PRODUCTO TERMINADO				
	AZ. RED	FIBRA	HCN	AMILOSA	MATERIA SECA	AMILOPECTINA	ALMIDÓN	LUMINOSIDAD	DUREZA	HCN	MATIZ	GRASA
(%)	(%)	(ppm B.S)	(%)	(%)	(%)	(%)	(L ¹)	(Kg/Seg)	(ppm B.S)	(%)	(%)	
HMC1 (10 meses)	0,39	1,84	91,58	21,51	43,88	69,02	90,53	63,88	14	63	100,02	25,16
HMC1 (11 meses)	0,5	1,88	92,55	20,39	43,22	72,46	92,85	58,3	18,3	37	98,88	24,04
HMC1 (12 meses)	0,57	2,15	84,64	20,51	47,26	73,05	93,55	57,56	18,45	46	90,28	23,36
MCol 2066 (10 meses)	0,4	1,9	101,7	19,44	39,33	71,45	90,88	63,56	21,82	74	98,57	27,79
MCol 2066 (11 meses)	0,53	2,17	94,02	20,62	42,55	71,43	92,05	63,24	23,34	36	98,56	24,11
MCol 2066 (12 meses)	0,75	2,52	88,6	19,16	45,15	73,70	92,85	60,57	25,73	50	90	23,84

AZ RED: Azúcares reductores; BS: Base seca; HCN: Ácido cianhídrico

Tabla 1. Tabla de medias para materia prima y producto terminado.

Inicialmente, para determinar el procedimiento adecuado para interpretar los resultados (análisis paramétrico o análisis no paramétrico), fué necesario realizar la prueba de normalidad para las siete variables de control de calidad en el caso de la materia prima, así como para las cinco variables de control, en el producto terminado, en cada una de las edades y variedades respectivamente.

La prueba de Shapiro – Wilk, en los grupos formados por las variables de calidad de la materia prima, muestran un comportamiento normal (significancia mayor a 0.05). Es entonces con base en este resultado que se procede a realizar el análisis de varianza univariado para los dos factores (variedad y edad) en las 7 variables, teniendo en cuenta que dicho análisis debe ser solo interpretado para las variables que cumplieron con el comportamiento normal.

Teniendo en cuenta la Tabla 2 de resultados para la prueba de homogeneidad de varianzas, se puede observar que existe para todos los grupos por lo cual se procede a hacer el análisis de resultados con base en el análisis de varianza.

VARIABLE	F	gl1	gl2	Significancia
MATSEC	1,222	5	12	0,357
HCN	1,549	5	12	0,247
FIBRA	1,385	5	12	0,297
AZRED	1,776	5	12	0,192
ALMIDON	0,786	5	12	0,579
AMILOSA	2,554	5	12	0,085
AMILOPEC	2,012	5	12	0,149

Tabla 2. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas. Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Diseño: Intercept+EDAD+VARIEDAD+EDAD * VARIEDAD

Tomando las 7 variables para materia prima y 5 variables para producto terminado, se aplicó un ANOVA univariado con 2 factores: Variedad y Edad. Se espera que el producto terminado, el de mejor calidad, presente una alta luminosidad, sea bajo en matiz, grasa y dureza.

edad	variedad	matsec	almidón	amilasa	fibra	hcn	amilopec	azred
10m	Chirosa	39,33	90,89	19,44	1,9	101,7	71,45	0,4
	Ica	43,67	90,53	21,51	1,84	91,58	69,02	0,39
	p	0	0,179	0,02	0,522	0	0,008	0,898
11m	Chirosa	42,55	92,05	20,62	2,17	94,02	71,43	0,53
	Ica	43,22	92,85	20,39	1,88	92,55	72,46	0,5
	p	0,057	0,058	0,708	0,021	0,057	0,151	0,317
12m	Chirosa	45,15	92,85	19,16	2,52	88,6	73,7	0,75
	Ica	47,26	93,56	20,51	2,15	84,64	73,05	0,57
	p	0,001	0,033	0,019	0,003	0,001	0,181	0,054

Tabla 3. Promedios y significancias para de materia prima

En esta Tabla 3, lo que está sombreado, indica que la diferencia entre las variedades es significativa ($p < 0.05$), y los niveles que están en rojo se pueden considerar significativos ya que están en el umbral.

La Tabla 4 es el resumen de las pruebas que se aplicaron, y que ésta se debe de analizar conjuntamente con la Tabla 1, para decidir qué variedad elegir y en qué edad:

		10 m		11 m		12 m	
		Chirosa	Ica	Chirosa	Ica	Chirosa	Ica
Luminosidad	↑	✓	✓	✓		✓	
Matiz	↓	✓		✗	✗	✓	✓
Grasa	↓		✓	✓	✓		✓
Dureza	↓		✓		✓		✓

Tabla 4. Resumen de los ANOVA – Calificación de los parámetros en producto terminado.

A los 10 meses la variedad ICA tiene mejor calidad que Chirosa, pues tiene menores valores de Grasa y Dureza que la otra variedad, y en luminosidad ambas variedades tienen valores altos.

Una de las variables de vital importancia en la selección de la materia prima, se trata del contenido de ácido cianhídrico (HCN); variedades amargas no son aptas para consumo directo, debido a que las altas concentraciones de cianuro pueden ser perjudiciales para la salud. En la tabla 1 de medias para la materia prima, se puede observar que las variedades analizadas presentaron valores inferiores a 180 ppm (base seca), lo que indica que son variedades dulces o aptas para el procesamiento, también se puede notar un descenso de este contenido a medida que aumenta la edad, obteniendo así,

valores inferiores en los 12 meses. El contenido cianogénico en la yuca se ve afectado por las condiciones edafoclimáticas y por la edad en el momento de la cosecha, además se afirma que la concentración de HCN en las hojas se relaciona con el contenido en la cáscara de las raíces, siendo menor en hojas adultas; como se puede observar, este comportamiento también se ve reflejado en la pulpa [10]. En cuanto a esta característica, es importante resaltar la notación realizada por [15], en la que afirma que los procesos térmicos, en este caso la fritura, elimina parcialmente los contenidos de cianuro haciéndolos todavía más aptos para el consumo humano, este comportamiento efectivamente se ve reflejado en la tabla de medias para el caso del producto terminado, notándose así un descenso en este contenido.

De lo anterior se puede determinar que según esta variable de respuesta la edad de 12 meses en la variedad ICA presenta mejor comportamiento lo que puede hacerla también favorable en el momento de una elección.

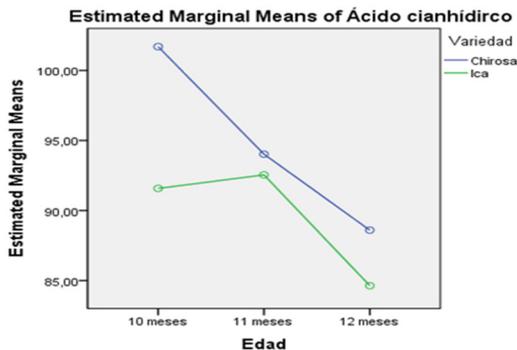


Figura 4. Gráfica de ácido cianhídrico en las dos variedades y los tres períodos vegetativos.

Mostrando la relación de HCN en materia prima (Tabla 1, ICA 12 meses, 84.64 ppm) y HCN en producto terminado (46 ppm), aunque no es el valor más bajo de las muestras analizadas si está por debajo del valor permitido, sugiere pensar que algunas variables de control del proceso de fritura de las hojuelas, podrían influir en dicho resultado; sin embargo se sigue mostrando un resultado bajo de HCN en la variedad de yuca ICA.

El contenido de materia seca en la yuca así como en la papa es una de las características más importantes para el procesamiento industrial, ya que en la mayoría de procesos, contenidos altos indican alto rendimiento; para los procesos industriales que involucren deshidratación como yuca frita o chips en este caso. [16],[17].

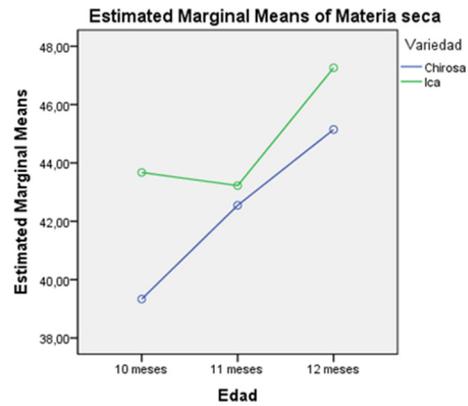


Figura 5. Gráfica de materia seca en las dos variedades y los tres períodos vegetativos.

Según [18], los valores de materia seca superiores al 34% presentan buen rendimiento de producción, lo que indica según la tabla de medias para materia prima, que las variedades analizadas resultan ser aptas para el procesamiento. Aunque se presenten valores interesantes, hay que resaltar que la variedad ICA posee valores superiores con respecto a la variedad CHIROSA, lo que la denomina como variedad de referencia

El contenido de materia seca, se relaciona principalmente con un porcentaje de almidón alto y efectivamente este fenómeno se puede notar en la tabla de medias para el almidón en el caso de la materia prima, debido a esta relación existente, como se mencionó con anterioridad, el rendimiento de producción, también depende de este contenido. A su vez la materia seca también presenta una relación con el contenido graso de las hojuelas fritas, esperándose bajos contenidos de grasa para un alto contenido de materia seca.

En factores de calidad del producto final, se prefiere un bajo contenido de grasa para una mejor preservación del producto y aceptación por parte del consumidor; además a nivel industrial, es importante considerar aspectos económicos, como el alto costo del aceite al utilizar materiales con altos contenidos de humedad, ya que esto afecta los procesos industriales debido a que se presentan reacciones de hidrólisis generadas por el agua proveniente de la materia prima [17]. Según la tabla 1 de medias para el caso del producto terminado cabe notar que el más bajo contenido graso de las hojuelas fritas, fue también para la variedad ICA en la edad 12 meses.

En el caso del contenido de azúcares reductores, se prefieren valores bajos ya que la presencia de estos, se correlaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático que se desarrolla durante la fritura. [19], altos contenidos de azúcares reductores hacen que las hojuelas presenten mayor pardeamiento. Para el consumidor, esta apariencia es inaceptable en cuanto a las características organolépticas de color y sabor, y además es importante recalcar que la

intensidad de coloración se relaciona con el contenido de acrilamida en las frituras. La acrilamida se forma durante las Reacciones de Maillard y se ha relacionado con un incremento en la incidencia de diferentes tipos de cáncer,[20].

En la Tabla 1 de medias para la variable azúcares reductores, se nota un bajo contenido en la variedad de yuca ICA especialmente en la edad de periodo vegetativo de 10 meses, sin embargo debido a la no diferencia significativa existente con la edad de 11 meses para esta misma variedad, esta también puede ser determinante en el momento de seleccionar la mejor variedad y la mejor edad.

El tono de las hojuelas de yuca fritas (matiz) a partir de la variedad chirosa en la edad de 12 meses, presentó tonalidades amarillas más puras, sin embargo según la prueba de efectos inter-sujetos no se presenta diferencia significativa con respecto a la variedad ICA lo que muestra que esta variedad y edad de yuca pueden ser adecuadas en cuanto a este parámetro de calidad.

El nivel de fibra cruda en la yuca presenta pequeñas variaciones según la variedad de la yuca y edad de la raíz. El efecto de las fibras se puede apreciar en la contribución de la textura de las hojuelas, favoreciendo su crocantez; estudios realizados demuestran que el contenido de fibras aumenta con la edad de cultivo, si el contenido de fibras es mayor se obtendrán hojuelas demasiado duras [5].

Según la Tabla 1 de medias obtenida, se observa un aumento apreciable de fibra a medida que transcurre la edad de periodo vegetativo, siendo así el valor más bajo para la edad de 10 meses, especialmente para la variedad ICA, existen diferencias con las demás edades y variedades para la fibra, este mismo comportamiento a su vez se ve reflejado en la dureza como variable de comparación, sin embargo de acuerdo a la no diferencia significativa arrojada en el análisis de efectos inter sujetos para dureza, las edades de 11 y 12 meses para ICA también pueden ser opción para la selección de la mejor variedad y edad.

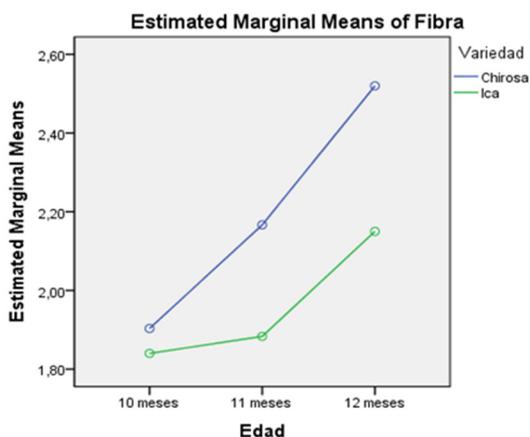


Figura 6. Gráfica de fibra en las dos variedades y los tres periodos vegetativos.

Durante el tratamiento hidrotérmico el almidón sufre una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura, pasando por tres fases importantes: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales causan hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura de los gránulos de almidón. [10].

En los procesos de fritura, el Almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de la amilosa y de la amilopectina se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite [21]. Altas concentraciones de amilosa implican formación de geles fuertes, opacos y que sufren sinéresis. Bajas proporciones de amilosa generan dispersiones claras y viscosas que no gelifican. [10].

Teniendo en cuenta esta notación se prefiere entonces altos contenidos de amilosa para así prevenir el ingreso de altas cantidades de aceite durante la fritura y de esta manera lograr mejorar los parámetros de calidad del producto terminado. Según la tabla 1 de medias para el caso de la materia prima, la variedad ICA en la edad de 12 meses, presenta contenidos ideales, esta relación existente con la grasa en el producto terminado se ve totalmente reflejado (bajos contenidos en esta variedad y edad).

En la fase de gelatinización los gránulos de almidón hinchados durante la pre-cocción de la pasta para la elaboración de los chips (hojuelas de yuca fritas) parecen ser la explicación de la expansión de éstas durante la fritura. La expansión aumenta con el incremento en la gelatinización (ricos en amilopectina), el cual ayuda en la formación de la costra o corteza provocando un producto finalmente duro, el cual es indeseable como parámetro sensorial. [22], [5]. El almidón de yuca tiene entre 17-22 por ciento de amilosa y resto de amilopectina. Teniendo en cuenta esta notación, se puede apreciar que efectivamente los valores de amilopectina se encuentran ubicados en los rangos esperados (tabla 1 de medias - materia prima), además se puede notar que el valor más bajo de dicho contenido se encuentra ubicado en la variedad ICA para una edad de 10 meses (única opción de respuesta porque hay diferencia en comparación con las demás edades y variedades), el cual a su vez también se ve reflejado en el parámetro sensorial de comparación el cual se debe a la dureza obtenida del producto frito.

III. CONCLUSIONES

Finalmente, reuniendo los resultados obtenidos mediante el estudio de cada característica para materia prima y producto terminado, así como el análisis estadístico previamente realizado, se pudo determinar que la variedad ICA en la edad de 10 meses es preferible para el procesamiento de hojuelas fritas, seguida de la variedad ICA en la edad de 12 meses.

A los 11 meses la variedad ICA pierde luminosidad, pero tiene la misma calidad que la variedad Chiroso en Matiz y Grasa. En dureza, variable de calidad de gran importancia, ICA tiene valores más bajos que la otra variedad lo cual la hace la variedad recomendada para la preparación de los chips de yuca.

RECOMENDACIONES

En posteriores estudios, será importante evaluar diferentes temperaturas, tiempos de fritura y espesores de hojuelas, ya que estas variables también afectan la calidad del producto final.

Se sugiere no dejar de estudiar la edad de cultivo en posteriores trabajos relacionados con fritura de yuca, porque como se notó en el presente estudio, este factor influye en la calidad del producto final.

Se recomienda utilizar un panel de degustación para un análisis sensorial de las muestras.

Debido a que en el presente estudio se analizaron dos variedades de yuca provenientes de diferentes terrenos (variedad chiroso o MCol 2066 proveniente de la finca La Esperanza; y la variedad ICA o HMC1, proveniente de la finca el Ceilán); es importante, en posteriores estudios relacionados, analizar diferentes variedades y edades de yuca, provenientes de un mismo terreno, para tener la certeza de que las variaciones en los resultados experimentales, se deben a los dos factores aquí estudiados (edad y variedad).

REFERENCIAS

- [1]. E. Villada, H. Villada, y A. Mosquera, Evaluación del efecto de la deshidratación osmótica y fritura en dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la producción de chips. *Dyna*, Año 76, Nro. 160, Pp. 131-138. 2009.
- [2]. R. Ortiz, Aptitud de fritura de raíces y tubérculos promisorios. CIAT.
- [3]. M. Rosses, Consultoría de canales y márgenes de comercialización de la yuca. 2008. [En línea]: http://www.magfor.gob.ni/servicios/descargas/Estudios_Mercado/Canales_Ma_genes_Yuca.pdf
- [4]. A M. Almazán. "Influence of sugar and cyanide concentrations and paste viscosities of cassava flour on fried cassava chip quality" *J Sci Food Agric* 42: 67 – 75. 1988.
- [5]. A. Alvarez, "Estudio de la aptitud de la yuca fresca (*Manihot esculenta* Crantz): Efectos de las características de la materia prima en la calidad de chips de yuca," Tesis de grado. Santiago de Cali. Universidad del Valle y Universidad Nacional de Colombia. Pp 148. 2003
- [6]. CODEX ALIMENTARIUS. 2003. Norma del Codex para la yuca (*Mandioca*) dulce, (CODEX STAN 238 - 2003) Pp 1 – 4. 1993.
- [7]. J. J. Hurtado, "Valorización de las amiláceas "no – cereales" cultivadas en los países andinos: Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Tesis de grado. Santafé de Bogotá, D.C. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp 9-11, 1997.
- [8]. D A. Cronin, y S.Smith, "A Simple and rapid procedure for the analysis of reducing, total and individual sugars in potatoes" *Potato Res.*, 22: 99-105. 1979
- [9]. ISO, Standard – ISO 6647. 1987. Determination of amylose content in rice. International Standard Organization.
- [10]. J. Aristizábal, T.Sánchez, y L.Mejía, "Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación," Pp 99-100. 2007.
- [11]. H. J. Williams, y T G. Edwards,. Estimation of cyanide with alkaline picrate. *J. Sci. Fd Agric.*, 31: 15-22. 1980.
- [12]. I. Bernal de Ramírez,. "Análisis de Alimentos. Santa fe de Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales"
- [13]. M. G, Bradbury, S V Egan, and J H Bradbury, "Picrate paper kits for determination of total cyanogens in cassava roots and all forms of cyanogens in cassava products," *J. Sci. Food Agric* 79, 593-601.(1999).
- [14]. M. Rojas, L A. Arango y M I. Pinzón "Evolución del color, la pérdida de agua y la ganancia de solutos durante la cinética de osmodeshidratación con pulso de vacío de tomate de árbol," En: *Revista de investigaciones Universidad del Quindío* N° 14. Pp 9-14. 2004.
- [15]. B. Nambisan, and S. Sundaresan,. "Effect of processing on the cyanoglucoside content of cassava.

- Journal of the Science of Food and Agriculture” 36, 1197–1203. 1985.
- [16]. G. Lisinska, W. Leszczynski “Potato Science and Technology,” Elsevier Applied Science. London Pp 391. 1989.
- [17]. J. Hasbún., P. Esquivel., A. Brenes, y I I Alfaro. Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense* 33(1): 77-89. 2009.
- [18]. M. I. Barragán, J M., López, L F. Cadavid, y J C. Lucas, “Manual de tecnologías en la cadena agroindustrial de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz),” Programa Nacional de Competitividad y Desarrollo Tecnológico en la Cadena Agroindustrial de Frutas y Hortalizas, con el apoyo de CLAYUCA, CIAT, Comité de Cafeteros de Risaralda. Pp 312. 2000.
- [19]. M. K. Pritchard, L R. Adam “Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet, Burbank and Shepody potatoes,” *American Potato Journal* 71:59-66. 1994
- [20]. M. Friedman, Chemistry, biochemistry and safety of acrylamide. A Review: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:4504 – 4526. 2003
- [21]. C. Severini, , A. Baiano, , T. Pilli, , B. Carbone, y A. Derossi, Combined treatments of blanching and dehydration: Study on potato cubes. *Journal of Food Engineering* 68:289–296. 2005
- [22]. E D. Pacheco, “Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde,” (*Musa spp.*), *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 28 (2), 175-183. 2002.
- [23]. ICONTEC. Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal. NTC 3528. Bogotá. 2002
- [24]. H.P. Das Gupta, Studies on starches from indigenous grains and tubers. *JISA*. 19 A. 1936.