

EMPLEO DE LA HARINA DE YUCA EN PANIFICACIÓN

Gwendolyne Hernández, Marta Alvarez, Margarita Nuñez de Villavicencio y Minardo Ochoa,*
Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3½,
La Habana CP 17100, Cuba. E-mail: wendy@iia.edu.cu

Recibido: 02-05-2023 / Revisado: 25-05-2023 / Aceptado: 01-06-2023 / Publicado: 03-08-2023

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento reológico y en panificación de mezclas de harina de trigo con harina de yuca obtenida de la variedad CMC-40. Se utilizó un diseño de mezcla con niveles de sustitución de harina de trigo entre 6,25 y 25 %. Se realizó la caracterización farinográfica de las mezclas y se elaboraron panes de barra de corteza dura. Se tomaron como variables de respuesta del diseño: altura, diámetro, volumen específico y los atributos sensoriales olor y sabor típico, crujencia y la calidad global. Los indicadores farinográficos de absorción de agua, estabilidad y debilitamiento variaron con el máximo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca, no así el tiempo de desarrollo, que no se modificó. El volumen específico y los atributos sensoriales se afectaron gradualmente con el incremento en la sustitución de la harina de trigo por harina de yuca. Se obtuvo un modelo matemático para explicar el comportamiento de cada una de las variables de respuesta. De la optimización de los resultados se obtuvieron 10 soluciones posibles en las que las proporciones de harina de yuca estuvieron entre 5 y 11,25 % y se seleccionó como contenido máximo para la elaboración de pan el 11 % de harina de yuca.

Palabras clave: pan, harina de trigo, harina de yuca, reología.

ABSTRACT

Use of cassava flour in bread.

The rheological and baking behavior of mixtures of wheat flour with cassava flour obtained from the CMC-40 variety was evaluated. A mixture design was used with wheat flour substitution levels between 6.25 and 25 %. Farinographic characterization of the mixtures was carried out and hard-crusted loaves breads were made. The following design response variables were taken: height, diameter, specific volume and the sensory attributes as typical odor and flavor, crunchiness and overall quality. The farinographic indicators of water absorption, stability and weakening varied with the maximum partial substitution of wheat flour for cassava flour, but not the development time, which did not change. Specific volume and sensory attributes were gradually affected with the increasing substitution of wheat flour for cassava flour. A mathematical model was obtained to explain the behavior of each of the response variables. From the optimization of the results, 10 possible solutions were obtained in which the proportions cassava flour were between 5 y 11,25 % and 11 %

of cassava flour was selected as the maximum content for bread production.

Keywords: bread, wheat flour, cassava flour, rheology.

INTRODUCCIÓN

El precio del trigo se ha incrementado en los últimos años. A muchos países, especialmente aquellos que no lo cultivan y deben importarlo, este cereal les resulta caro y les implica la erogación de divisas, por lo que han buscado emplear harinas alternativas de producción nacional lo cual contribuye además a generar empleos y a la seguridad alimentaria. Entre las harinas alternativas que se han utilizado en la sustitución parcial de la harina de trigo se encuentran las de otros cereales y la de algunos tubérculos como por ejemplo la harina de yuca. La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se cultiva en países de América, África y Asia, y es considerada el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz (1). Este tubérculo contiene aproximadamente 35 % de carbohidratos, 61 % de agua, 1 a 2 % de proteínas, 1 % de minerales (hierro, calcio y fósforo) y las vitaminas niacina, tiamina y riboflavina. La harina obtenida de este tubérculo es de color blanco e inodora, lo que facilita su introducción en la elaboración de productos alimenticios.

Algunos autores han estudiado el efecto que tiene sobre la reología de las masas y en la panificación la sustitución parcial de la harina de trigo por la de yuca obtenida de diferentes variedades (2-5). El Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA) evaluó la obtención, caracterización y empleo de harinas de diferentes variedades de yuca que se cultivan en Cuba, las cuales se han incluido en productos horneados, cárnicos, lácteos y aderezos (6-9) logrando en algunos casos sustituir de la fórmula hasta 100 % de la harina de trigo e incluso en ocasiones hasta el almidón de maíz. El trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento reológico y en panificación de la harina de yuca obtenida de la variedad CMC-40.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una harina de yuca obtenida en el IIIA de la variedad CMC-40 con 8,23 % de humedad, 2,14 % de proteínas, 1,47 % de cenizas, 6,11 % de fibra dietética total y granulación de 5,75 % (sobre malla 0, 1 mm). Para las mezclas se utilizó además harina de trigo de fuerza con 13,38 % de humedad, 0,61 % de cenizas, 2,83 % de fibra dietética total, 31,3% de gluten húmedo y 11,2 % de proteínas (10).

Con el uso de un farinógrafo Brabender (11) se realizó la evaluación reológica de la harina de trigo y las mezclas con harina de yuca con niveles de sustitución entre 0 y 25 % que fueron los niveles utilizados en el diseño aplicado para evaluar el comportamiento en panificación (Tabla 1). Se determinó por triplicado la absorción de agua, estabilidad, tiempo de desarrollo y debilitamiento. Los análisis fueron procesados de acuerdo a un análisis de varianza de clasificación simple y en los casos que se encontraron diferencias significativas se compararon las medias por el test de rangos múltiples de Duncan con 5 % de probabilidad de error utilizando el paquete estadístico Statistica V 8.0 (Stat Soft Inc. 2007).

Tabla 1. Diseño de experimentos

Corrida	Harina de trigo (%)	Harina de yuca (%)
1	75,00	25,00
2	100	0,00
3	75,00	25,00
4	87,50	12,50
5	81,25	18,75
6	87,50	12,50
7	93,75	6,25
8	81,25	18,75

Las pruebas de panificación se realizaron de forma aleatoria según el diseño de experimentos de la Tabla 1. Los ingredientes en porcentaje (base 100 % de la mezcla de harina de trigo y yuca) fueron: 52 % de agua, 2 % de sal, 1 % de levadura, 4 % de grasa y 1 % de mejorador para panificación. El mezclado se realizó en una mezcladora de brazo en espiral de 5 kg. La fermentación en masa se llevó a cabo en una cámara a 32 °C durante 60 min. La desgasificación se realizó en la misma mezcladora en segunda velocidad durante 4 min. Se dividió la masa en porciones de 260 g, se conformaron las barras y fueron colocadas en bandejas previamente engrasadas, luego se sometieron a un proceso de dilatación a 36 °C durante 90 min. Los panes se hornearon en un horno eléctrico de gavetas a 180 °C durante 50 min. Posteriormente las muestras se dejaron enfriar durante 2 h antes de realizar los análisis.

A los panes se le realizaron las determinaciones de: volumen (cc) mediante el desplazamiento de semillas (12) y peso (g) para calcular el volumen específico (relación: volumen/masa). La altura (cm) y el diámetro (cm) del pan se midieron al cortar la barra por su centro.

En la evaluación sensorial se utilizó una comisión de siete catadores entrenados y se usó una escala de 10 cm de longitud con intensidad creciente de los descriptores de izquierda a

derecha. Los atributos evaluados fueron olor típico, sabor típico y crujencia (13). También se evaluó la calidad global en una escala categórica de 10 cm: excelente (10), bueno (7,5), aceptable (5), insuficiente (2,5) y pésimo (0). Los resultados sensoriales, al igual que la altura, el diámetro y el volumen específico, fueron propuestos como variables de respuesta en el diseño y procesados mediante la metodología de superficie de respuesta. Se procedió a la optimización de los resultados y se seleccionó la mejor variante con el programa estadístico Design Expert 8.0 (Stat-Ease, Minnesota).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 presenta los resultados del análisis farinográfico de la harina de trigo y las mezclas con harina de yuca. En la absorción de agua no se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre el patrón y los diferentes niveles de sustitución, a excepción del nivel máximo (25 %) que tuvo una menor absorción de agua. En un trabajo donde evaluaron el comportamiento reológico de tres harinas de yuca de variedades diferentes no encontraron diferencias significativas al sustituir 5, 10 y 15 % de harina de trigo por harina de yuca, aunque dependiendo de la variedad hubo aumento o disminución de la absorción del agua respecto al control de 100 % harina de trigo (5).

Tabla 2. Resultados farinográficos de las mezclas de harina de trigo y yuca

Mezclas HT/ HY (%)	Absorción de agua (%)	T. Desarrollo (min)	Estabilidad (min)	Debilitamiento (UB)
100/0,00	60,7a (0,2)	1,6 a (0,2)	9,3 a (1,1)	58 b (10,6)
93,75/6,25	60,9a (0,4)	1,8 a (0,0)	9,0 a (1,4)	55 b (0,0)
87,50/12,50	60,5 a (0,1)	1,9 a (0,1)	8,9 ab (1,6)	55 b (21,2)
81,25/18,75	60,3 a (0,1)	1,6 a (0,2)	7,0 ab (0,0)	80 ab (7,1)
75,00/25,00	59,5 b (0,0)	1,9 a (0,1)	6,3 b (0,0)	90 a (0,0)

HT: harina de trigo, HY: harina de yuca.

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Valores Entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

En cuanto a los tiempos de desarrollo no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre muestras, pero con el aumento del nivel de sustitución disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) la estabilidad de las masas y aumentó el debilitamiento, siendo la muestra de 100 % de harina de trigo la de mejor tolerancia al mezclado. La incorporación de la harina de yuca hizo que disminuyera la cantidad de proteína y la formación del gluten, que aportan la estabilidad en el mezclado (14). Los niveles más altos de sustitución pudieran requerir en un proceso industrial una mayor vigilancia sobre los tiempos de mezclado.

El procesamiento de los resultados de las variables de respuesta de la panificación mostró que el análisis de varianza de la regresión resultó significativo ($p < 0,01$). La prueba de falta de ajuste, resultó no significativa en todos los casos para $p \geq 0,05$. Los residuos estandarizados siguieron una distribución normal y no se detectaron observaciones atípicas. La Tabla 3 muestra los modelos matemáticos y los coeficientes de determinación (R^2).

Los mejores resultados de volumen específico, altura y diámetro se obtuvieron con 100 % de harina de trigo lo cual puede observarse tanto en las ecuaciones (Tabla 3) como en las Fig. 1 a 3. La harina de trigo fue el componente con mayor coeficiente en las ecuaciones. Al aumentar el nivel de harina de yuca en la mezcla hasta el 25 % los valores de volumen específico fueron de 8,17 mg/L en el control a 5,3 mg/L, la altura de 6,4 a 3,9 cm y el diámetro de 9,9 a 7,4 cm. La harina de yuca no posee la capacidad de formar gluten, esto afectó la capacidad de retención de gases en la masa disminuyendo la fortaleza de la estructura y su capacidad de expansión incidiendo de forma negativa en el desarrollo del producto final. Esta tendencia coincidió con lo obtenido por otros investigadores al emplear harina de yuca en la panificación (2, 5, 15).

Tabla 3. Modelos matemáticos de las variables de respuesta

Variable	Ecuación	R^2
Volumen específico	$8,14 A + 5,31B + 2,44 AB$	0,98
Altura	$6,34 A + 3,85 B + 2,45 AB$	0,98
Diámetro	$9,68 A + 7,63 B$	0,92
Olor típico	$9,95 A + 5,85 B$	0,83
Sabor típico	$9,59 A + 4,52 B + 8,39 AB$	0,93
Crujencia	$7,35 A + 4,06 B + 12,37 AB$	0,81
Calidad global	$10,38 A + 5,41 B$	0,88

A: Harina de trigo B: Harina de yuca

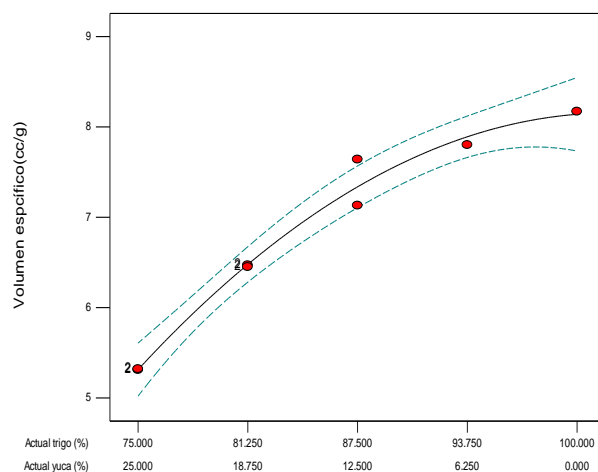


Fig. 1. Superficie de respuesta para el volumen específico.

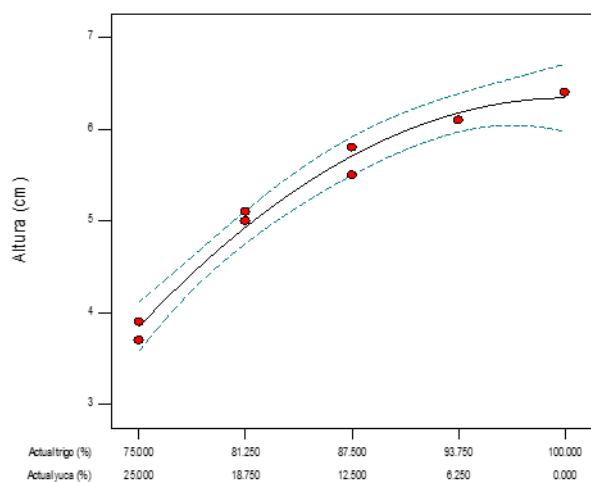


Fig. 2. Superficie de respuesta para la altura.

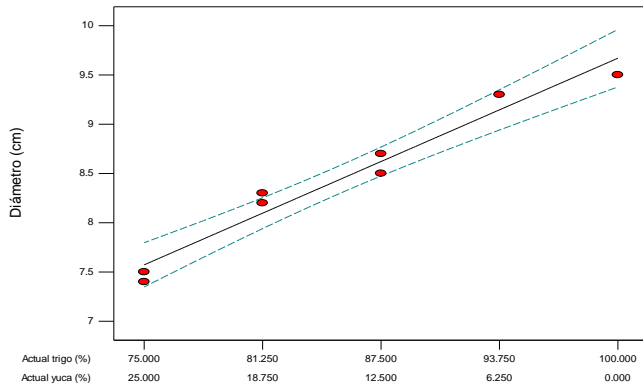


Fig. 3. Superficie de respuesta para el diámetro.

Sensorialmente, los panes con 6,5 y 12,5 % de harina de yuca en la mezcla fueron evaluados de bueno, pues tuvieron una crujencia marcada, olor y sabor armónico y fresco, como es típico en los productos horneados. Los panes elaborados con 18,5 % resultaron aceptables pero con el máximo nivel de 25 % fueron rechazados porque se produjeron afectaciones en todos los atributos evaluados presentando además, pobre desarrollo, poco volumen y miga apretada.

En las variables sensoriales (Tabla 3) también los mayores coeficientes de los modelos correspondieron a la harina de trigo. En olor típico esta variable de respuesta no se afectó notablemente con niveles de sustitución hasta 18,5 % pues fue evaluada con puntuación de 7,2 cm que corresponde a un olor típico moderado. Para el caso del sabor típico, se obtuvieron buenos resultados hasta el 12,5 % de sustitución con una puntuación de 8,03 cm. Se pudo observar que a partir del 18,75 % de harina de yuca el olor y sabor característico a pan fresco recién horneado se desvaneció gradualmente llegando a puntuaciones de 5,5 cm para el olor y para el sabor 4,2 cm. Las Fig. 4 y 5 muestran los gráficos de comportamiento de ambos modelos matemáticos. La crujencia del pan mejoró cuando la harina de yuca se incluyó en la mezcla al 12,5 % donde se logró el valor más alto de 8,9 cm superior a la puntuación de 8 cm del control. Los valores llegaron a 3,9 y 3,1 cm (no crujiente) con los panes del 25 %. La Fig. 6 muestra el gráfico de comportamiento del modelo.

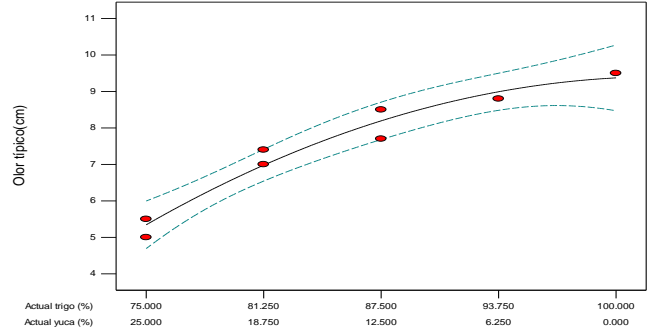


Fig. 4. Superficie de respuesta para el atributo olor típico.

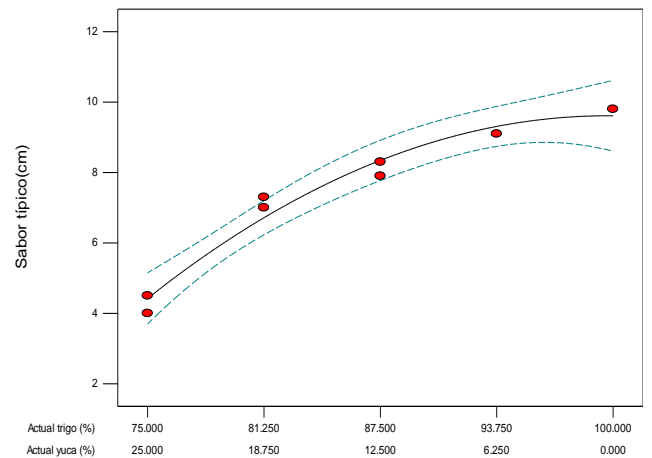


Fig. 5. Superficie de respuesta para el atributo sabor típico.

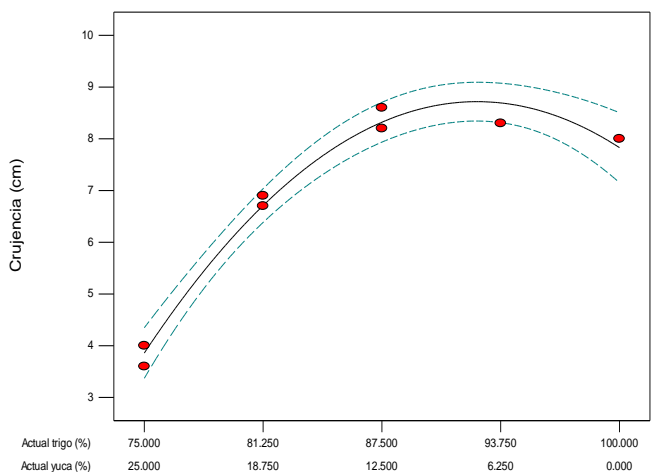


Fig. 6. Superficie de respuesta para el atributo crujencia.

El modelo obtenido para la calidad global (Fig. 7) indica que esta también declinó a medida que aumentó el contenido de

harina de yuca en la mezcla. Esta variable resume el criterio emitido por los jueces cuando evaluaron el producto de forma integral. El máximo nivel de sustitución (25 %) produjo la mayor afectación llegando a alcanzar una puntuación de 4,8 cm inferior a 5 cm que fue el mínimo establecido para la aceptación sensorial del producto.

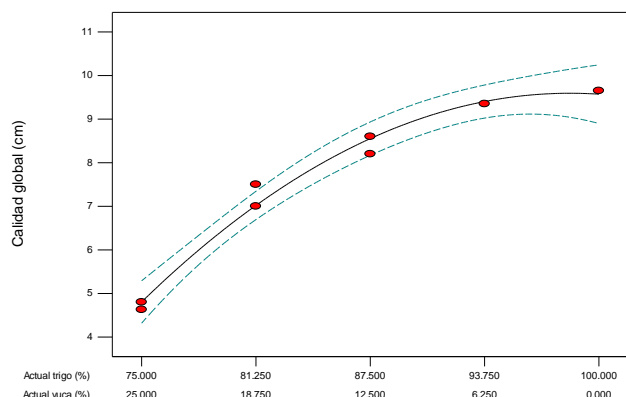


Fig.7. Superficie de respuesta para el atributo calidad global.

Tomando en cuenta los resultados de las variables de respuesta y estableciendo límites inferiores que permitieran obtener panes de buena calidad se establecieron las restricciones para la optimización que se muestran en la Tabla 4. Se obtuvieron 10 soluciones en las que las proporciones de sustitución de harina de trigo por la de yuca estuvieron entre 5 y 11,25 %. Se seleccionó como variante más adecuada la combinación 89 % de harina de trigo con 11 % harina de yuca por permitir uno de los más altos niveles de sustitución con buena calidad del producto.

Tabla 4. Límites establecidos para la formulación óptima

Variable de respuesta	Limite Inferior
Volumen específico (g/mL)	7,0
Olor típico	6,0
Sabor típico	6,0
Crujencia	8,0
Calidad global	8,0

CONCLUSIONES

Los indicadores reológicos de estabilidad y debilitamiento se vieron afectados significativamente con la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de yuca, no así el tiempo de desarrollo. La absorción de agua disminuyó con el máximo nivel de sustitución de harina de trigo (25 %). Los atributos sensoriales fueron deteriorándose a medida que se incrementó el nivel de harina de yuca pero fue posible obtener panes con puntuaciones por encima de aceptable en un amplio rango de sustitución. De la optimización de los resultados se seleccionó un 11 % de sustitución como nivel adecuado con el cual se obtuvo un pan de corteza dura de buena calidad.

REFERENCIAS

1. Suárez L, Mederos VR. Revisión bibliográfica Apuntes sobre el cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. Cultivos Tropicales 2011; 32(3):27-35.
2. Almazan A. Effect of cassava flour variety and concentration on bread loaf quality. Cereal Chem 1990; 67(1):97-9.
3. Defloor I, Nys M, Delcour JA. Wheat starch, cassava starch, and cassava flour impairment of the bread making potential of wheat flour Cereal Chem 1993; 70:526-30.
4. Khalil AH, Mansour EH, Dawoud FM. Influence of malt on rheological and baking properties of wheat–cassava composite flours. Food Sci Technol 2000; 33(3):159-64.
5. Osorio SH, Aristizábal J. Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. Ingeniería e Investigación 2009; 29(1):39-46.
6. Ochoa M, Sardiñas L, Maza N, Lima M, Álvarez M, Falco AS, Pérez W, Hernández G, Fraga R. Evaluación de harina y almidón de yuca obtenidos de diferentes clones. Cienc Tecnol Aliment 2014; 24(2):63-8.

7. Morales Y, Ochoa M, Hernández G, Rosas B. Informe técnico. Empleo de harina de yuca en productos de repostería. Centro de Documentación del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia; 2015.
8. Pérez J, Hernández U, Santos R, Brito, Martínez R. Efecto de la harina de yuca sobre la calidad de una hamburguesa. *Cienc Tecnol Alimen* 2017; 27(1):54-7. Disponible en <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/162/140> Acceso 20 febrero de 2023.
9. M'Boumbal A, León Y, Rodríguez T, Hernández O, Espinosa FL. Utilización de harina de yuca en la elaboración de helado. *Cienc Tecnol Aliment* 2022; 32(3):48-52. Disponible en: <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/401/334>. Acceso 10 noviembre de 2022.
10. NC 877. Harina de trigo especificaciones. Cuba; 2022.
11. NC- ISO 5530. Características físicas de las masas. Parte1. Determinación de la absorción de agua y de las propiedades reológicas utilizando un farinógrafo. Cuba; 2001.
12. TGL 22674. Sachbereich Standard Pruefung Von backwaren. Bestimmung des volumens MIFI. Germany; 1981.
13. NC-ISO 4121. Análisis sensorial. Guía para el uso de escalas con respuestas cuantitativas. Cuba; 2005.
14. De la Vega G. Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología* 2009; 13(38):27-32.
15. Aristizábal J, Henao S. Adaptación y validación de tecnología para utilización de harina de yuca en panificación. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA). Palmira, Colombia; 2004.