

FORMULACIÓN DE MEZCLA PARA ELABORAR TORTA PARA REGÍMENES ESPECIALES

FORMULATION OF MIXTURE FOR MAKING CAKE FOR SPECIAL REGIMES

Davdmary Cueto Bautista^a, Elevina Pérez Sira^a, Dominique Dufour^{bc}

^a Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Facultad de Ciencia de la Universidad de Venezuela (UCV). Calle Suapure - Lomas de Bello Monte. Caracas, Venezuela.

e-mail: davdmarycueto@yahoo.com

^b Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Km 17 recta Cali-Palmira. Cali, Colombia.

^c Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), 73 rue Jean-François Breton. Montpellier, France.

RESUMEN

En este trabajo se definió y ensayó la combinación de ingredientes óptimos para la formulación de una mezcla para torta a base de harina de yuca e hidrolizado de suero de leche bajo en fenilalanina. Las mezclas se evaluaron en cuanto a composición proximal, aporte calórico, propiedades físicas, sensoriales y estabilidad. Las tortas elaboradas a partir de la mezclas presentaron una gravedad específica de batido, volumen y simetría aceptables para una torta de grasa, con una evaluación sensorial por encima del valor medio de la escala hedónica, indicando el nivel de agrado de la misma. Los parámetros de calidad evidenciaron estabilidad de la mezcla durante el tiempo de almacenamiento estudiado. Se demostró la factibilidad de formular una mezcla para torta con bajo contenido de fenilalanina y libres de gluten, lo que la hace apta para ser usada en la dieta de los fenilcetonúricos (PKU) y celíacos.

SUMMARY

In this paper we defined and tested the combination of optimal ingredients for making a cake mix from cassava flour and hydrolyzed milk whey low in phenylalanine. The mixtures were evaluated in proximal composition, caloric, physical properties, sensory and stability. The cakes made from the mixture presented a specific gravity, volume and symmetry acceptable for a cake of fat, with a sensory evaluation over the average value of the scale hedonic, indicating the level of satisfaction. The quality parameters of the mixture showed stability during the storage period studied. Demonstrated the feasibility of formulating a mixture for cake with low content of phenylalanine and gluten-free, which makes it suitable to be used in the diet of the phenylketonuric and celiac.

Palabras claves: celiaquía, fenilcetonuria, tiempo de vida útil, harina de yuca y suero de leche.

INTRODUCCIÓN

Entre las enfermedades que necesitan un régimen dietético especial se encuentran la celiaquía y la fenilcetonuria, que responden satisfactoriamente a una modificación de la dieta. La celiaquía es una intolerancia permanente al gluten que produce una lesión grave a la mucosa del intestino delgado proximal. La fenilcetonuria por su parte, es un error innato del metabolismo que conduce a la elevación de los niveles de fenilalanina en sangre provocando un efecto deletéreo irreversible sobre el sistema nervioso en desarrollo. La yuca (*Manihot esculenta* crantz) es la fuente energética de mayor productividad en las zonas tropicales, que además representa una alternativa como sustituto del trigo en la elaboración de productos para celíacos. El suero

de leche es una fuente importante de proteínas que al reducir su contenido de fenilalanina puede ser empleado en la dieta de los fenilcetonúricos. Debido a que en Venezuela los productos para estos regímenes en general son importados y de altos costos se hace necesario desarrollar formulaciones que cubran con estos requerimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La harina de yuca (HY) fue elaborada a partir de la parte comestible de raíces del clon 2306 (Banco de germoplasma de FAGRO-UCV) y un clon comercial (mercado local), según método descrito por Pérez *et al.*, (2007). El suero de leche fue tratado enzimáticamente con pepsina de la mucosa gástrica porcina P-7000 y proteasa de *Aspergillus oryzae* P-6110 para reducir el

contenido de fenilalanina, según adaptación de los métodos de Arai *et al.*, (1986) y López *et al.*, (2005). Para la hidrólisis se preparó una suspensión al 5 % p/v a 90°C por 10 min luego se enfrió a 37°C y ajustó el pH a 2. Se agregó la pepsina en relación 1:100 por 2h a 37°C, se ajustó el pH a 6,5 con NaOH y se incorporó proteasa en relación 1:100 por 5h a 40°C. Se inactivó la enzima calentando a 90°C. Se dejó enfriar y agregó 187,5 g de carbón activado para retener la fenilalanina removida. Posteriormente se filtró con papel whatman N°1 y se secó usando un spray dryer.

La HY, el suero de leche (SL) y el hidrolizado de suero de leche (HSL) se les determinó: composición proximal (AACC, 2003), aporte energético considerando que las proteínas y carbohidratos aportan 4 Kcal/g y las grasa 9 Kcal/g y perfil de aminoácidos según metodología propuesta por el CIRAD.

Formulación de la mezcla para preparar torta

Se desarrollaron formulaciones utilizando harina de yuca y un hidrolizado de suero de leche bajo en fenilalanina. Se partió de la fórmula de mezcla de harina compuesta propuesta por Cueto (2007) sustituyendo totalmente la harina de trigo por yuca, ajustando los ingredientes y modo de preparación hasta conseguir la fórmula óptima para celíacos y PKU. Se usaron aditivos considerando los máximos permitidos por la norma COVENIN 910:2000.

Preparación de la torta

A la mezcla cernida, se le incorporó agua y margarina de acuerdo a la cantidad de producto a preparar y se batió a velocidad baja por 2min y se continuó el batido por 1min a velocidad media. El batido se vertió en un molde previamente engrasado y se horneó por 26min a 175°C.

Evaluación sensorial

Se evaluaron las tortas mediante escala hedónica de 7 puntos (donde, 1 me disgusta extremadamente, 7 me gusta extremadamente), para medir la aceptación. El panel evaluador fue de 35 personas no entrenadas, conformados por celíacos, familiares y amigos (20 mujeres, 15 hombres), en edades entre 12 y 63 años, se les dio una porción de ~10 g de acuerdo a la metodología descrita por Toricella *et al.*, (2007).

Estabilidad de la mezcla

Se almacenó la mezcla para torta a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ y 72% de humedad relativa) por un período de 90 días. Se evaluaron sus parámetros de calidad: humedad, pH, acidez titulable (AACC, 2003) y actividad de agua (A_w) (Tortoe *et al.*, 2009) y se realizó el recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras (COVENIN 3338-97 y 1337-90).

Análisis estadístico

En las mezclas se evaluó el efecto de la formulación diferenciado por el tipo de harina de yuca empleado usando como variable respuesta las características analizadas. Para el estudio de estabilidad se tuvo como factor el tiempo de almacenamiento tomando muestras mensuales (nivel) para analizar sus aspectos de calidad (variable respuesta). Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA de una vía para un diseño completamente aleatorizado y la prueba a posteriori de rangos múltiples de Duncan para identificar diferencias estadísticamente significativas entre las variables con un nivel de significancia del 5%. Las variables cualitativas fueron analizadas a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Chacín, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variaciones encontradas en las harinas en su composición proximal (tabla 1) pueden atribuirse a factores varietales y edafoclimáticos como edad de la planta, tipo de suelo, fertilización y época de cosecha (Sánchez y Alfonso, 2002). Estos resultados se encuentran dentro de lo reportado en la literatura para estas raíces. El contenido de fenilalanina fue de 42,45mg/100g, siendo considerado como un alimento bajo en fenilalanina, de consumo libre en la dieta para un PKU.

Al someter el suero de leche al proceso de hidrólisis enzimática se redujo la cantidad de proteína en un 25% logrando la remoción de la fenilalanina en un 97% para obtener un hidrolizado con 10mg de fenilalanina por cada 100g de MS (tabla 1).

Las mezclas para preparar torta presentaron bajo contenido de humedad y grasa, permitiendo presumir su estabilidad en anaquel. Aportan un 16% del valor de referencia de

energía ponderado diario para la población venezolana (INN, 2000). El contenido de gluten en las mezclas para torta (<5ppm) obtenidos por el método de enzimo-inmunoensayo ELISA, sugiere que estos productos pueden considerarse “libre de gluten” ya que contienen

menos de 20ppm de gluten, según lo establecido en el Codex Alimentarius stan 118-1979, demostrando además que no ocurrió una contaminación cruzada durante la elaboración o manipulación de las mismas.

Tabla 1. Composición proximal, contenido de fenilalanina (Phe) y aporte calórico

Análisis	HY2306	HYC	SL	HSL	MT2306	MTC
Humedad (%)	5,72±0,03a	6,61±0,04b	5,10±0,06d	4,97±0,10c	5,09±0,05e	5,14±0,05e
Proteína cruda (%)	3,44±0,01b	1,13±0,05a	14,48±0,15d	10,91±0,04c	3,95±0,01f	2,63±0,00e
Grasa cruda (%)	0,15±0,01a	0,46±0,01b	0,23±0,03c	0,38±0,04d	0,51±0,01f	0,34±0,07e
Ceniza (%)	2,43±0,04a	3,00±0,07b	7,26±0,02c	12,07±0,02d	3,04±0,06e	3,21±0,09e
Fibra dietética (%)	2,48±0,01a	3,25±0,01 b	-	-	-	-
Carbohidratos T(%)	88,26±0,04a	88,80±0,05b	72,93±0,12d	71,67±0,11c	87,41±0,03e	88,68±0,06f
Phe (mg/100 g MS)	42,45±2,51	-	360 ± 0,40b	10 ± 0,01a	3,19±0,17	-
Energía (Kcal/100g)	358±0,42b	351±0,58 ^a	352±0,06d	334±0,04c	370±0,76e	368±0,98e
Gluten (ppm)	-	-	-	-	< 5	< 5

Media ± desviación estándar, n=3. Valores con la misma letra en las filas (a, b) no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). Donde HY2306 = harina de yuca del clon 2306, HYC = harina de yuca del clon comercial, MT2306= mezcla de torta elaborada con la harina del clon 2306 y el hidrolizado de suero y MTC= mezcla de torta elaborada con la harina del clon comercial y el hidrolizado de suero.

En la tabla 2, se aprecia que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las tortas para los parámetros físicos evaluados ($p \leq 0,05$). Los valores en la gravedad específica del batido, son similares a los obtenidos por Gómez *et al.*, (2008), de 1,05g/cm³ en batido de tortas de trigo. Índices de volumen similares fueron reportados por Moiraghi *et al.*, (2005) entre 13,8 y 14,7cm en bizcochuelos de trigo. Los valores del índice de simetría muestran que las tortas presentan una simetría uniforme entre la zona central y lateral, lo cual fue ratificado con el índice de uniformidad, donde valores cercanos a cero indican simetría en la parte central.

Tabla 2. Parámetros físicos de las tortas

Parámetro	Muestra	
	T2306	TC
Gravedad específica del batido (g/cm ³)	1,06±0,01a	1,05 ±0,01a
Volumen específico (cm ³ /g)	2,71±0,07a	2,67 ± 0,09a
Índice de volumen (cm)	13,62±0,49a	14,30±0,13a
Índice de simetría (cm)	0,48±0,10a	0,43 ± 0,04a
Índice de uniformidad (cm)	0,08±0,03a	0,08 ± 0,04a

Media ± desviación estándar, n=3. Valores con la misma letra en las filas (a, b) no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). Donde: T2306 = torta elaborada con la MT2306, T Y C = torta elaborada con la MTC.

La figura 1 muestra que hay uniformidad en la estructura de la miga, ya que de acuerdo a lo señalado por Zghal *et al.*, (2001) existe en la miga una mayor proporción de alvéolos pequeños con respecto a los alvéolos grandes. Además se encontró un tamaño de alvéolo

promedio de 0,925 mm² en las migas, sin que ocurra la pérdida de la estructura, sugiriendo que se logró una fórmula balanceada, con un adecuado procesamiento y batido, que permitió la incorporación de aire en forma de burbujas, sin colapso de la corteza.

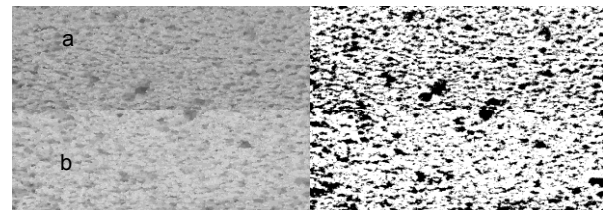


Figura 1. Análisis de imagen en las tortas. Izquierda: imágenes en escala de grises. Derecha: imágenes binarias (a) T2306 y (b) TC. Se segmentaron utilizando el algoritmo Otsu Thresholding.

En la figura 2, se evidencia que todos los atributos sensoriales fueron aceptados por encima del valor medio de la escala hedónica utilizada por el panel afectivo lo que indica buena aceptación del producto.

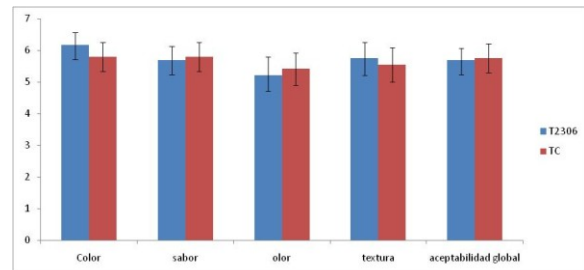


Figura 2. Evaluación sensorial de las tortas.

Los resultados del estudio de estabilidad en las mezclas indican que el porcentaje de humedad, pH se encuentra por debajo del rango establecido para productos comerciales similares y dentro del rango considerado como producto seguro. La acidez titulable fue estable durante el tiempo en estudio. La Aw se mantuvo por debajo del valor mínimo (0,5) necesario para el deterioro por reacciones químicas, enzimáticas o microbianas. Los resultados microbiológicos sugieren que el producto se encontró bajo condiciones adecuadas de manipulación y almacenamiento dada la restricción en el agua disponible (Aw) adecuada para crear un ambiente hostil que evitó la proliferación de microorganismos en las mezclas elaboradas.

Tabla 3. Estudio de estabilidad en las mezclas para tortas.

Tiempo Parámetro	0 días	30 días	60 días	90 días
Humedad				
MT2306	5,09±0,05a	5,26±0,05ab	5,31±0,10b	5,44±0,11b
MTC	5,14±0,05a	5,29±0,06b	5,43±0,04c	5,52±0,07c
pH				
MT2306	6,94±0,04a	6,95±0,03a	6,93±0,04a	6,92±0,03a
MTC	6,90±0,04a	6,89±0,03a	6,88±0,03a	6,88±0,02a
Acidez titulable* (%)				
MT2306	0,24±0,01a	0,25±0,00a	0,25±0,01a	0,25±0,01a
MTC	0,23±0,02a	0,23±0,01a	0,23±0,01a	0,24±0,01a
Aw				
MT2306	0,350±0,001a	0,355±0,002b	0,361±0,001c	0,370±0,001d
MTC	0,362±0,001a	0,369±0,001b	0,374±0,001b	0,382±0,003c
Aerobios mesófilos (UFC/g)				
MT2306	95x10 ²	12x10 ²	35x10 ²	10x10 ²
MTC	40x10 ²	91x10 ²	40x10 ²	11x10 ²
Mohos (UFC/g)				
MT2306	50	<10	<10	<10
MTC	100	10	<10	<10
Levaduras (UFC/g)				
MT2306	80	30	14	<10
MTC	30	40	40	20

* expresado como ácido sulfúrico. Media ± desviación estándar, n=3. Valores con la misma letra en las filas (a, b) no son significativamente diferentes (p ≤ 0,05).

CONCLUSIONES

Se logró formular mezclas para tortas a partir de un rubro no convencional como la yuca, con bajo contenido de fenilalanina, libres de gluten que las hace aptas para diversificar la dieta de los fenilcetonúricos y celíacos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association of Official Analytical Chemist. (2003). Cereal Laboratory Approved Methods. Edition 10th. St. Paul, Mn. USA.
- Arai, S.; Maeda, A.; Matsumura, M.; Hirao, N.; Watanabe, M. (1986). Enlarged-scale Production of a Low-phenylalanine Peptide Substances as a Foodstuff for Patients with Phenilketonuria. Agriculture and Biological Chemistry, 50(11):2929-2931.
- Chacín, F. (2000). Diseño y análisis de experimentos. Ediciones del Vicerrectorado Académico de la UCV. 383 p.
- CODEX (1979). STAN 118. Norma relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten. 3p.
- COVENIN. (1990). Método para recuento de mohos y levaduras. Norma 1337. Comisión Fondo para la Normalización. 6p.
- COVENIN. (2000). Norma general para aditivos alimentarios. Norma 910. 2^{da} Revisión. Fondo para la Normalización. 19p.
- COVENIN. (1997). Recuento de Aerobios. Método en placas con películas secas rehidratables (PetriFilm). Norma 3338. Fondo para la Normalización. 2p.
- Cueto, D. (2007). Formulación de una mezcla instantánea para elaborar torta a base de harina de trigo (*Triticum vulgare*) y yuca (*Manihot esculenta crantz*). Tesis de maestría UDO. 163p.
- Gómez, M.; Oliete, B.; Rosell, C.; Pando, V.; Fernández, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. Food Science and Technology, 41(9):1701-1709.
- Instituto Nacional de Nutrición. (2000). Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Publicación N°53, Serie de Cuadernos Azules. 76p.
- López, D.; Delvivo, M.; Coelho, M. (2005). Use of activated carbon for removing phenylalanine from reconstituted skim milk powder hydrolysates. LWT, Food Science and Technology, 38(5):447-453.
- Moiraghi, M.; Ribotta, P.; Aguirre, G.; Pérez, T.; León, A. (2005). Análisis de la aptitud de trigos pan para la elaboración de galletitas y bizcochuelos. Agriscientia, 22(2):47-54.

- Pérez, E.; Lares, M.; González, Z.; Tovar, J. (2007). Production and characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flours using different thermal treatment. *Interciencia*, 32(9):615-619.
- Sánchez, T. y Alfonso, L. (2002). Conservación y acondicionamiento de las raíces frescas. En: La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cap 27. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 503-526.
- Toricella, R.; Zamora, E.; Pulido, H. (2007). Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria. Editorial universitaria. La Habana, Cuba, 357p.
- Tortoe, C.; Johnson, P.; Nyarko, A. (2009). Effects of osmo-dehydration, blanching and semi-ripening on the viscoelastic, water activity and colorimetry properties of flour from three cultivars of plantain (*Musa* AAB). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10:82–86.
- Zghal, M.; Scanlon, M.; Sapirstein, H. (2001). Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb. *Cereal Chemistry*, 78(1):1-7.