

## Desarrollo de un alimento funcional tipo ponqué utilizando residuos del proceso de extracción de almidones nativos de yuca y cambur

### Development of a functional cupcake using an extraction process in wastes of cassava and banana native starches

Nora S. Techeira-De Soto\*; Yormelis A. Yépez-Palencia y Yasmín J. Román-Montilla

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (UCV-FAGRO), Maracay, Venezuela.

\*Correo electrónico: noratecheira@gmail.com

#### RESUMEN

Los subproductos agroindustriales que se generan de la cosecha, comercio y procesamiento de frutas y hortalizas, presentan una composición química rica en sustancias bioactivas. Esto hace factible su uso en la elaboración de alimentos funcionales y, en consecuencia, contribuyen en la disminución de desperdicios sino son aprovechados. Por tal razón, se planteó como objetivo formular ponqués reducidos en azúcar, sustituyendo la harina de trigo por residuos fibrosos, provenientes de la extracción de los almidones nativos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y cambur (*Musa* AAA subgrupo Cavendish). Se probaron nueve formulaciones, empleando 10 y 20% de sustitución, en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial. Las formulaciones fueron caracterizadas fisicoquímica, nutricional y sensorialmente. Se determinó el efecto de la incorporación de los residuos sobre la textura y el contenido de almidón resistente mediante análisis de superficie de respuesta. Los ponqués obtenidos presentaron un alto contenido de carbohidratos (69,11-73,96%), humedad (29,79-37,49%) y fibra (22,26-29,35%), observándose disminución en la digestibilidad e incremento en la proporción de almidón resistente, conforme se aumentó la concentración de los residuos de yuca y cambur. Desde el punto de vista sensorial, los panelistas no detectaron diferencias de preferencia entre las muestras. En cuanto a la superficie de respuesta, ambos residuos ejercen un efecto significativo y positivo sobre el almidón resistente, y la interacción de los mismos ejerce un efecto positivo y significativo sobre la textura, concluyéndose que la incorporación de los residuos de yuca y cambur produce una mejora en la calidad nutricional y textural de los ponqués.

**Palabras clave:** *Manihot esculenta* Crantz, *Musa* AAA Cavendish, calidad nutricional, prueba sensorial.

#### ABSTRACT

The by-products generated in the harvest, distribution and processing of fruits and vegetables, have a chemical composition rich in bioactive substances; so their use in the preparation of functional foods is feasible, allowing to decrease the large quantities of the food waste generated. For this reason, the purpose of this research was to formulate reduced sugar cupcakes, replacing wheat flour with fibrous waste using an extraction process from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and banana (*Musa* AAA Cavendish subgroup) native starches. Nine formulations were developed using 10 and 20% of substitution in a Completely Randomized Factorial Design. The formulations were characterized in a physicochemical, nutritional and sensorial way, in order to determine the effect of the by-product incorporation on the texture and resistant starch content, using the response surface analysis. The cupcakes obtained presented a high content of carbohydrates (69,11 to 73,96%), moisture (29,79 to 37,49%) and fiber (22,26 to 29,35%), with a decreased digestibility and an increase in the proportion of resistant starch, as the concentration of cassava and banana wastes were raised. Regarding a sensory point of view, the panelists did not detect any preference differences between samples. In reference to the response surface, both residues and their interaction have a significant and positive effect on resistant starch and the texture, respectfully; so, the incorporation of cassava and banana wastes produce an improvement in the quality of cupcakes as regards nutrition and texture.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz, *Musa* AAA Cavendish subgroup, nutritional quality, sensorial test.

## INTRODUCCIÓN

Los nuevos y, algunas veces, poco saludables hábitos alimenticios de la población, junto con el sedentarismo y el estrés han inducido al incremento de enfermedades como diabetes, obesidad, hipertensión arterial y cáncer, entre otras (Guesry, 2005; Contento, 2012).

En respuesta a estos problemas de salud en los últimos años se ha fomentado el consumo de alimentos que además de aportar la nutrición básica, ofrezcan beneficios adicionales para la salud y el bienestar de la población (Aranceta y Serra, 2003; Calvo *et al.*, 2012).

Los alimentos funcionales, consumidos como parte de la dieta diaria, son útiles para el mantenimiento de una buena salud física y mental. Además de las semejanzas con los alimentos convencionales y sus cualidades nutricionales básicas, contienen componentes con actividad selectiva relacionada con una o varias funciones del organismo, siendo capaces de producir efectos metabólicos o fisiológicos positivos, lo que disminuye el riesgo de contraer enfermedades (Valencia y Román, 2004; Aranceta y Gil, 2010; Durán y Valenzuela, 2010; Lutz, 2012).

Por su parte, los subproductos agroindustriales son aquellos compuestos principalmente de las partes no comestibles como: cáscaras, semillas y follaje; generalmente son residuos sólidos orgánicos que se generan por medio de actividades como: cosecha, comercio, procesamiento, además del consumo directo de frutas y hortalizas, por lo que se producen grandes cantidades. En tal sentido, esto ocasiona una problemática ambiental, dado que se tiene que considerar la disposición final de este tipo de materiales, altamente susceptible al deterioro microbiano. Esta característica limita las posibilidades de su explotación pues generalmente se desechan y, solo en algunos casos, se emplean como alimento para ganado o fertilizantes (Kuan y Liong, 2008; Mamma *et al.*, 2009; Saval, 2012).

Investigaciones sobre los subproductos agroindustriales han evidenciado que presentan una composición química en la que destaca el contenido de oligosacáridos no digeribles, fibras, vitaminas, minerales y antioxidantes. Estos compuestos los posicionan como

fuentes potenciales de sustancias bioactivas, las cuales pueden considerarse materia prima de provecho para la elaboración o enriquecimiento de otros alimentos. El aprovechamiento de los subproductos puede contribuir como valor agregado a los productos, mejorando sus características sensoriales y equilibrando las necesidades nutritivas, favoreciendo la elaboración de alimentos funcionales (Aparicio, 2008; Kuan y Liong, 2008).

Ante la necesidad de darle utilidad a los se planteó el objetivo de formular un alimento funcional tipo ponqué, utilizando los residuos fibrosos provenientes de la extracción de los almidones nativos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y cambur (*Musa AAA* subgrupo Cavendish), para la obtención de un producto con las características físico-químicas, funcionales y sensoriales requeridas para la nutrición de la población, con propiedades organolépticas apetecibles al consumidor.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

La materia prima utilizada para sustituir parcialmente la proporción de harina de trigo en las formulaciones de los ponqués, fueron los residuos fibrosos provenientes de la extracción de los almidones nativos de yuca y cambur, previamente obtenidos y caracterizados por Román *et al.* (2015), en el Laboratorio de Bioquímica de Alimentos del Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela.

### Formulación y elaboración del producto alimenticio tipo ponqué, reducido en azúcares

En el desarrollo de un ponqué con buenas propiedades nutricionales y bajo en azúcares, se utilizó estevia, como reemplazante parcial de la sacarosa; adicionalmente, se incorporaron residuos del proceso de extracción del almidón nativo de yuca y cambur para la sustitución parcial de la harina de trigo en diferentes concentraciones, incrementando la fibra dietética y el almidón resistente.

Para establecer las formulaciones más apropiadas en la elaboración de los ponqués

se siguió el esquema tecnológico propuesto por Granito *et al.* (2010) y se efectuaron una serie de pruebas preliminares, modificando la concentración de cada ingrediente utilizado en la elaboración del producto.

En primer lugar se formuló la muestra testigo, luego se procedió a sustituir parcialmente la harina de trigo por los residuos fibrosos de yuca y cambur. Al iniciar el ensayo de las formulaciones preliminares, se eliminó completamente la sacarosa como ingrediente, sustituyéndola por estevia, incorporando 1,15% de este edulcorante natural. Sin embargo, los ponqués tenían una estructura quebradiza, textura desagradable y poco volumen. Con el fin de mejorar sus características texturales se procedió a incorporar goma xantan y goma guar (de 0,05 a 0,15%). Aunque se logró mayor aireado de la masa y aumento de volumen, éste no fue el esperado, presentando aún textura frágil e inestable.

Con base en lo anterior, se decidió realizar una mezcla con el 50% de la sacarosa que se utiliza en un ponqué comercial y el 1,30% de estevia, razón por la que no es factible agregar mayor cantidad de este edulcorante para reducir aún

más el contenido de azúcar, pues la ingesta diaria admisible (IDA) es de 4 mg por kg de peso corporal por día, según la Comisión Técnica de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010).

Por otra parte, se eliminaron las gomas alimenticias, obteniéndose un producto reducido en azúcares, de calidad aceptable, con mejor sabor y volumen, aunque la textura no resultó ser la deseada. Posteriormente, se evaluó la incorporación de pulpa de manzana (*Pyrus malus* L.), con un alto contenido de pectina, lo cual contribuyó a la retención de agua durante la cocción, mejorando el comportamiento reológico de la masa y la textura del producto (Collar and Bollaín, 2005; Gómez *et al.*, 2007), dando como resultado un ponqué esponjoso y de agradable sabor.

Una vez establecida la formulación testigo definitiva (F1), se incorporaron porcentajes variables de los residuos de yuca y cambur, manteniendo constante la proporción en la que se adicionaron el resto de los ingredientes, obteniéndose nueve formulaciones experimentales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación para la elaboración de ponqués reducidos en azúcares con incorporación de los residuos de yuca y cambur.

Ingredientes (%)	Formulaciones								
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Harina de trigo	22,98	20,68	18,38	20,68	18,38	18,38	13,79	16,08	16,08
Residuo de yuca	0,00	2,30	4,60	0,00	0,00	2,30	4,60	2,30	4,60
Residuo de cambur	0,00	0,00	0,00	2,30	4,60	2,30	4,60	4,60	2,30
Mantequilla	22,98	22,98	22,98	22,98	22,98	22,98	22,98	22,98	22,98
Huevo (unidad)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Leche	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39
Vainilla	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Polvo de hornear	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Azúcar	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49
Estevia	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Pulpa de manzana	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39	18,39

F1 (testigo): 100% harina de trigo; F2: 10% residuo yuca; F3: 20% residuo yuca; F4: 10% residuo cambur; F5: 20% residuo cambur, F6: 10% residuo yuca + 10% residuo cambur, F7: 20% residuo yuca + 20% residuo cambur, F8: 10% residuo yuca + 20% residuo cambur, F9: 20% residuo yuca + 10% residuo cambur.

Las formulaciones establecidas para la elaboración de los ponqués fueron F1: el patrón, elaborado solo con los ingredientes base (harina de trigo, mantequilla, azúcar, estevia, huevos, leche completa, vainilla y polvo para hornear); F2 y F3: sustitución de la harina de trigo por residuo de yuca entre 10 y 20%, respectivamente; F4 y F5: sustituyendo la harina de trigo en un 10 y 20% por residuo de cambur, respectivamente; F6: sustituyendo la harina de trigo con 10% de residuo de yuca y 10% de cambur; F7: sustituyendo la harina de trigo 20% de residuo de yuca y 20% de cambur; F8: sustituyendo la harina de trigo con 10% de residuo de yuca y 20% de residuo de cambur; y por último F9: sustituyendo la harina de trigo con 20% de residuo de cambur y 10% de residuo de yuca (Cuadro 2).

### Composición química y propiedades nutricionales de los ponqués obtenidos

El contenido de humedad, cenizas, proteína cruda y grasa cruda se determinó de acuerdo a lo establecido por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). El contenido de almidón se evaluó según McCready *et al.* (1950), la fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA) de acuerdo a Van Soest (1970),

los azúcares reductores y totales según AOAC (1995).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. Los resultados obtenidos en la composición química y nutricional de los ponqués, se estudiaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de una sola vía a fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre muestras, con nivel de confianza del 95%. Cuando existían diferencias se aplicó la prueba de medias de Tukey. Los datos fueron procesados empleando el programa "Minitab" para Windows, versión 15.0.

### Evaluación sensorial del producto alimenticio obtenido

Se aplicó una prueba sensorial en los ponqués elaborados para medir el nivel de agrado de cada formulación, utilizando un panel de 20 jueces de ambos sexos, quienes evaluaron cinco atributos (preferencia global, color, olor, textura y sabor). Se empleó una escala hedónica de 7 puntos: "me agrada mucho", "me agrada", "me agrada poco", "me es indiferente", "me desagrada poco", "me desagrada" y "me desagrada mucho". Se contó con una muestra patrón y tres formulaciones, seleccionadas por tener el mayor contenido de

Cuadro 2. Grado de sustitución de la harina de trigo en las formulaciones establecidas para la elaboración de los ponqués.

Formulaciones	Grado de sustitución de la harina de trigo	
	Residuo de yuca %	Residuo de cambur %
F1	0	0
F2	10	0
F3	20	0
F4	0	10
F5	0	20
F6	10	10
F7	20	20
F8	10	20
F9	20	10

almidón resistente, a las cuales se les colocaron tres dígitos al azar.

Para los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se aplicó un análisis estadístico de Friedman con un nivel de confianza del 95%, a fin de detectar diferencias en la preferencia de los atributos sensoriales. Cuando hubo diferencias entre muestras, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan para detectar las preferencias. Los datos fueron procesados empleando el programa "Minitab" para Windows, versión 15.0.

### **Determinación del efecto de la incorporación de los residuos fibrosos sobre el contenido de almidón resistente y la textura del producto obtenido**

Para evaluar el efecto de la incorporación de los residuos de la extracción del almidón nativo de yuca y cambur sobre el almidón resistente y la textura, se estableció un diseño de superficie de respuesta con arreglo factorial, constituido por dos factores (subproducto de yuca y subproducto de cambur) con tres niveles (0, 10 y 20% de sustitución). Los datos fueron procesados empleando el programa "Minitab" para Windows, versión 15.0.

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas, utilizadas en el estudio de la relación entre una o más respuestas y un conjunto de variables independientes, siendo el objeto de la misma optimizar esta respuesta (Dreyer *et al.*, 2000; Figueroa, 2003).

Este método tiene la particularidad de determinar la influencia e importancia de los parámetros estudiados y las interacciones entre estos con un mínimo de ensayos (Dreyer *et al.*, 2000). Es por esto, que dicha metodología resultó útil para determinar el efecto de la incorporación de los residuos fibrosos de la extracción del almidón nativo de yuca y cambur, sobre el contenido de almidón resistente y la textura de los ponqués obtenidos.

La textura se determinó a través de un penetrómetro, según San Lucas (2012) y el contenido de almidón resistente según Goñi *et al.* (1996).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Composición química y propiedades nutricionales**

En el Cuadro 3, se presentan los resultados obtenidos del análisis proximal de los ponqués. El contenido de humedad reportó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, obteniéndose valores desde 29,79 hasta 37,49%. Estos resultados son comparables a los obtenidos por Herrera (2012) en tortas elaboradas con harinas de cambur (29,34%) y Techeira *et al.* (2009) en panes de queso con harina de yuca (35,54%), superiores a los presentados por Siso y Pérez (2010) en ponqués con harinas compuestas de trigo, yuca y salvado de arroz (*Oryza sativa* L.) en los que se determinó un 24,58% y por Granito *et al.* (2010) en ponqués incorporando harina de caraota blanca (*Phaseolus vulgaris* L.) con rango de 19,2 a 28%.

En general, los ponqués presentaron altos niveles de humedad, posiblemente porque las muestras fueron almacenadas durante un día para su posterior análisis. Herrera (2012) indica que la humedad de las tortas aumenta de forma leve a medida que transcurre el tiempo, y este comportamiento puede atribuirse al tipo de empaque o envase empleado. Por su parte, Fernández *et al.* (2006) afirman que los valores de humedad se corresponden con las características de frescura de este tipo de productos y se considera favorable, ya que un ponqué con baja humedad, menor a 20%, tiende a ser quebradizo y con apariencia envejecida.

En esta investigación se determinó que el contenido de proteína cruda de los ponqués elaborados con sustitución parcial de harina de trigo (F2 a F9), reportaron valores entre 2,21 y 3,04%, los cuales fueron significativamente inferiores al 8,14% de la muestra patrón (F1). La disminución en el contenido de proteínas, observada en todas las formulaciones (desde F2 hasta F9) respecto a F1, se debe a que solo una fracción de la proteína cuantificada procede de la harina de trigo.

Portanto, la sustitución con residuos provenientes del proceso de extracción del almidón redujo el contenido de proteína de la formulación original, ya que de acuerdo a lo establecido por Román

Cuadro 3. Composición química en base seca (g/100 g. producto seco) de los ponqués.

Fórmula	Componentes (%)				
	Humedad	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Cenizas	Carbohidratos Totales
F1	31,12±0,04 <sup>a</sup>	8,14±0,00 <sup>b</sup>	21,59±0,00 <sup>a</sup>	1,16±0,05 <sup>a</sup>	69,11±0,00 <sup>a</sup>
F2	34,71±0,17 <sup>ab</sup>	2,43±0,00 <sup>a</sup>	22,25±0,00 <sup>a</sup>	1,36±0,02 <sup>a</sup>	73,96±0,00 <sup>a</sup>
F3	29,79±0,03 <sup>a</sup>	2,21±0,00 <sup>a</sup>	25,64±0,00 <sup>b</sup>	1,29±0,08 <sup>a</sup>	70,86±0,00 <sup>a</sup>
F4	34,50±0,00 <sup>ab</sup>	2,99±0,00 <sup>a</sup>	23,65±0,00 <sup>a</sup>	1,25±0,00 <sup>a</sup>	72,11±0,00 <sup>a</sup>
F5	33,91±0,05 <sup>a</sup>	3,04±0,50 <sup>a</sup>	23,83±0,00 <sup>a</sup>	1,40±0,02 <sup>a</sup>	71,73±0,00 <sup>a</sup>
F6	33,14±0,28 <sup>a</sup>	2,36±0,20 <sup>a</sup>	24,01±0,00 <sup>a</sup>	1,42±0,00 <sup>a</sup>	72,21±0,00 <sup>a</sup>
F7	32,78±0,05 <sup>a</sup>	2,96±0,00 <sup>a</sup>	22,47±0,00 <sup>a</sup>	1,45±0,05 <sup>a</sup>	73,12±0,00 <sup>a</sup>
F8	37,49±2,44 <sup>b</sup>	2,52±0,00 <sup>a</sup>	25,53±0,00 <sup>b</sup>	1,36±0,00 <sup>a</sup>	70,59±0,00 <sup>a</sup>
F9	36,19±0,21 <sup>b</sup>	2,53±0,00 <sup>a</sup>	25,57±0,00 <sup>b</sup>	1,50±0,15 <sup>a</sup>	70,40±0,00 <sup>a</sup>

\*Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, a un 95% de confianza. Análisis de Varianza (promedio ± ds). F1: 100% harina de trigo; F2: 10% residuo yuca; F3: 20% residuo yuca; F4: 10% residuo cambur; F5: 20% residuo cambur; F6: 10% residuo yuca y 10% residuo cambur; F7: 20% residuo yuca y 20% residuo cambur; F8: 10% residuo yuca y 20% residuo cambur; F9: 20% residuo yuca y 10% residuo cambur.

*et al.* (2015) la proporción de proteínas en el residuo de yuca es de 1,33%, mientras que el residuo de cambur es de 3,95%; valores muy bajos en comparación al contenido de proteínas de la harina de trigo, que se ubica en 12% (Benítez *et al.*, 2008).

Este comportamiento también se observó en la pasta tipo espagueti, cuando se realizó la sustitución completa de la harina de trigo por harina de plátano verde (*Musa* ABB), disminuyendo el contenido de proteína de 12,53 a 4,56% (Ovando, 2008); mientras que en galletas preparadas con almidón resistente de plátano, se encontró un bajo valor de proteínas (5,1%), según lo reportan Aparicio *et al.* (2007). Benítez *et al.* (2008) aseguran que algunas raíces y tubérculos tienen un bajo contenido de proteínas, por lo que las harinas y subproductos obtenidos de estos rubros presentarían deficiencias, las cuales podrían ser mejoradas con la incorporación de fuentes proteicas alternativas, como suero de leche.

Con respecto a la grasa cruda, se observó un leve incremento de este parámetro en comparación al ponqué control, presentándose los valores más

altos en las muestras F3 (25,64%), F8 (25,53%) y F9 (25,57%); este aumento pudiera atribuirse a la disponibilidad de grasa proveniente de la margarina, adicionada antes de la determinación analítica, ya que los valores de grasa cruda determinados por Román *et al.* (2015) en los residuos de yuca y cambur empleados en la formulación, no sobrepasan el 0,50%.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se aproximan a los reportados por Siso y Pérez (2010) para ponqués elaborados con harinas compuestas de trigo, yuca y salvado de arroz estabilizado (21,62%), y a los de Pérez *et al.* (2013) en ponqués con sustitución parcial de harina de yuca (21,6%); siendo superior al determinado por Granito *et al.* (2010) en ponqués obtenidos a partir de sustitución parcial con harina de leguminosas (19,6%).

En cuanto a la fracción de cenizas, a pesar de no reportar diferencias estadísticamente significativas, se evidenció un ligero incremento en todas las formulaciones que contenían los residuos de yuca y cambur (desde la F2 hasta la F9), en comparación con el ponqué control. Se presume que esta tendencia se debe a que los

residuos de la extracción del almidón de yuca y cambur presentan una proporción de cenizas equivalente a 1,50 y 1,20%, respectivamente (Román *et al.* 2015); lo que indica valores superiores al determinado por Delgado y Albarracín (2012) para la harina de trigo (0,80%). La mayor proporción de cenizas resulta positiva para el producto final, ya que Fennema (2000) reporta que el contenido de cenizas genera una idea aproximada del contenido de minerales presente en el alimento; por lo tanto, los postres elaborados revisten interés por la importancia de los minerales en la dieta.

Estos resultados fueron inferiores a los descritos por Granito *et al.* (2010) en ponqués con sustitución parcial de harina de leguminosas (1,60%); a los reportados por Del Castillo y Lescano (2009) en panes formulados con almidón de yuca, harina de arroz y quinoa (*Chenopodium chinosa* Willd), correspondiente al 1,77%; y a los de Siso y Pérez (2010) en ponqués elaborados con harinas compuestas de trigo, yuca y salvado de arroz estabilizado (2,56%).

En relación a los carbohidratos totales, se observó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre muestras, siendo el componente que se encuentra en mayor cantidad, con valores desde 69,11 hasta 73,96%. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Ruíz y Urbáez (2010) en panes elaborados con harinas compuestas por 40% de yuca (74,33%), y por Paz (1984) en panes elaborados con 42% de harina de cambur (72,86%).

La composición química en carbohidratos de los ponqués se presenta en el Cuadro 4, encontrándose que la fracción de fibra es la de mayor proporción, con diferencias significativas entre muestras. La fibra detergente neutra (FDN) fue superior en las formulaciones con sustitución de residuos de yuca y cambur (F2 a F9), mientras que la fibra detergente ácida (FDA) disminuyó, quedando en evidencia que estos subproductos presentan un alto contenido de fibra dietaria insoluble.

Los ponqués elaborados con residuo de cambur (F4 a F9) reportaron valores de FDN superiores a los obtenidos a partir de residuo de yuca (F2, F3), siendo la formulación F7 (20% residuo yuca + 20% residuo cambur) con el mayor porcentaje

de sustitución, la que mostró el mayor valor (29,35%); por tanto, el residuo de cambur, aparentemente, aporta más fibra insoluble que el residuo de yuca, aunque Román *et al.* (2015) indican que para el contenido de fibra dietética, no existen diferencias estadísticamente significativas entre estas materias primas.

El mayor y menor valor de FDN fue de 29,35% (F7) y 22,26% (F1), respectivamente, lo cual representa la fracción de fibra detergente ácida, más la hemicelulosa, mientras que para la FDA fueron de 5,43% (F1) y 1,21% (F9). Esta tendencia se evidenció en el estudio realizado por Siso y Pérez (2010) en ponqués elaborados con harinas compuestas de trigo, yuca y salvado de arroz estabilizado (7,52%).

Igualmente, Islas *et al.* (2010) lo determinaron en galletas adicionadas con harina de cambur verde en un 15, 30 y 50% de incorporación, obteniendo valores de fibra de 9,6; 9,8 y 9,9 respectivamente. Por su parte, Maldonado y Pacheco (2000) en galletas elaboradas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde, con 7% de sustitución, determinaron que el contenido de fibra fue de 5,40%.

La determinación del almidón total resulta importante, debido a que es la principal fuente de glucosa que se libera durante la digestión de los alimentos amiláceos. Se encontró para cada una de las formulaciones en estudio (F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 y F9) una ligera disminución del contenido de almidón en comparación con la muestra patrón (F1), debido posiblemente a que la harina de trigo posee un alto porcentaje del mismo (alrededor de 70%), en comparación con los residuos fibrosos de yuca y cambur que está en un rango entre 61,22% y 62,59% (Román *et al.*, 2015). Las muestras evaluadas presentaron valores de contenido de almidón inferiores a 26,28%, determinados por Techeira *et al.* (2009) en panes de queso con harina de ñame (*Dioscorea alata*) y de 54,9%, encontrados por Hernández *et al.* (2010) en galletas adicionadas con harina de plátano verde.

Para el contenido de azúcares totales y reductores, se pudo apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones, obteniéndose valores comprendidos entre 4,12 y 5,67% en azúcares totales y de 2,21 y 3,08% en azúcares reductores;

es decir, que la incorporación de residuos de yuca y cambur en diferentes proporciones no modifica la cantidad de azúcares presentes. Este contenido de azúcares totales, se considera bajo en comparación con investigaciones realizadas en productos similares. Tal es el caso de Maldonado y Pacheco (2000), quienes elaboraron galletas con una mezcla de harina de trigo y plátano verde, obteniendo un valor de 25,36% para los azúcares totales, mientras que Techeira *et al.* (2009) determinaron que el contenido de azúcares totales fue de 26,28%, al obtener panes mediante sustitución parcial con harina de ñame.

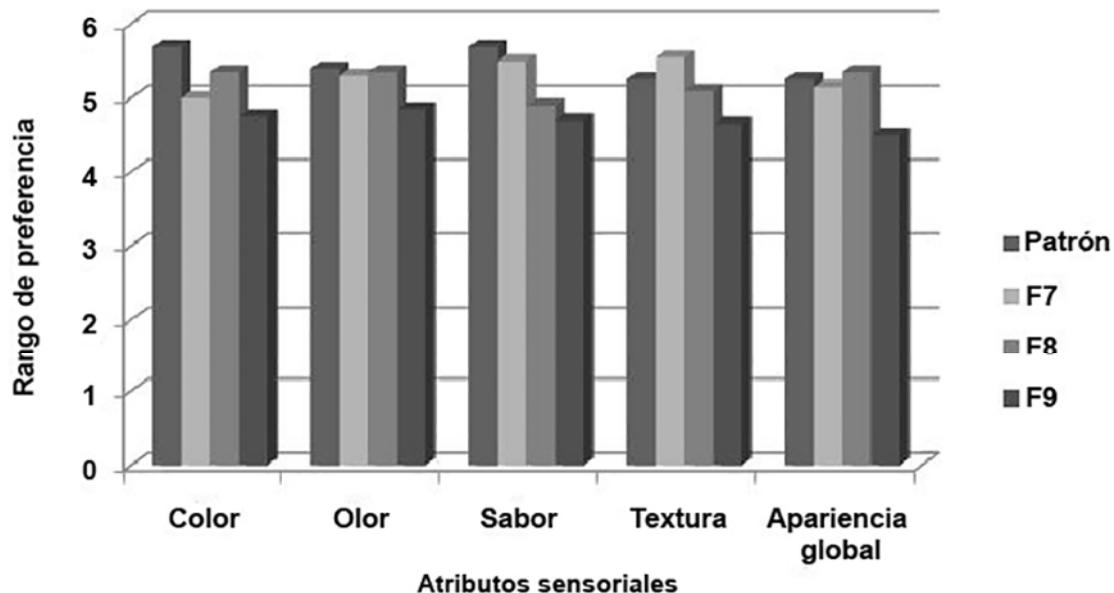
### Evaluación sensorial del producto alimenticio obtenido

Según la prueba de rangos múltiples de Duncan, para cada uno de los atributos estudiados (color, olor, sabor, textura y apariencia global), no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedio obtenidos en la evaluación sensorial del ponqué patrón (F1) y de las tres formulaciones de ponqués seleccionadas en base a su mayor contenido en almidón resistente (F7, F8 y F9).

Los resultados indican que aunque se haya incorporado a la harina patrón residuos de yuca y cambur, no se vio afectada la preferencia de los panelistas, pues no detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los ponqués. Por lo tanto, la incorporación de residuos de yuca y cambur en la elaboración de este tipo de productos, no modifica en forma negativa las características sensoriales, por el contrario parece favorecerlas.

En la Figura 1 se observa que la formulación F7 fue la preferida, en cuanto a textura y sabor, siendo únicamente superada por la muestra patrón; mientras que para la apariencia global, color y olor, la F8 fue la preferida después de la muestra patrón. Además, se puede apreciar que la formulación con menor preferencia fue la F9, la cual contiene 20% de residuos de yuca y 10% de residuos de cambur.

Cueto y Pérez (2007) evaluaron sensorialmente seis atributos (apariencia global, color, olor, sabor, textura y aceptabilidad global) en tortas elaboradas a base de harina de trigo y yuca, con una sustitución parcial de 30% de harina de trigo, donde observaron que la formulación óptima



Patrón: 100% harina de trigo; F7: 20% residuo yuca + 20% residuo cambur, F8: 10% residuo yuca + 20% residuo cambur, F9: 20% residuo yuca + 10% residuo cambur.

Figura 1. Grado de preferencia de los ponqués reducidos en azúcares, con incorporación de residuos de yuca y cambur.

harina compuesta trigo: yuca en proporción 70:30, superaba al testigo en cuanto a apariencia global, color, olor y textura. Por su parte, Siso y Pérez (2010) evaluaron sensorialmente un ponqué con incorporación de yuca y salvado de arroz estabilizado, en un 30 y 20% de sustitución respectivamente, donde el único atributo que pudo superar al testigo fue la textura.

### Efecto de la incorporación de los residuos fibrosos sobre el contenido de almidón resistente y la textura del producto obtenido

Se realizó la estimación de los efectos para las variables respuesta: almidón resistente y textura, (Figura 2) donde se observó que para el almidón resistente, tanto el residuo de yuca como el de cambur, ejercen un efecto significativo y positivo, siendo positiva la interacción entre ambos, lo que indica que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución con los subproductos en estudio, aumenta la proporción de almidón resistente. En contraste, la textura del residuo de yuca por sí solo tiene un efecto negativo, aunque la interacción de segundo orden tiene un efecto positivo pero no es significativo; contrariamente el residuo de cambur tiene un efecto positivo sobre la textura, aunque no es significativo, y la

interacción de segundo orden resulta negativa aunque tampoco es significativa. Sin embargo, el efecto de la interacción entre los residuos de yuca y cambur es positivo y significativo para la textura.

Para comprobar la significancia estadística de los efectos, se seleccionó la tabla ANOVA obteniendo como resultado un buen nivel de ajuste ( $R^2$  ajustado= 99,20% para almidón resistente;  $R^2$  ajustado= 80,07% para textura), lo que significa que el modelo describió satisfactoriamente, y a un nivel de confianza del 95%, la optimización de las variables respuesta.

Las ecuaciones del modelo ajustado (1) y (2) permitieron predecir la superficie de respuesta para el almidón resistente (AR) y la textura (T) con los porcentajes de residuo de yuca (RY) y cambur (RC) incorporados, e incluso predecir valores del mismo con distintos porcentajes de sustitución de los residuos, tal como se observa en las Figuras 3A y 3B.

Además, el modelo permitió optimizar la respuesta de la variable, donde el valor óptimo puede ser una mayor o menor cantidad de la variable en estudio. En el caso del almidón resistente, se desea maximizar su contenido en

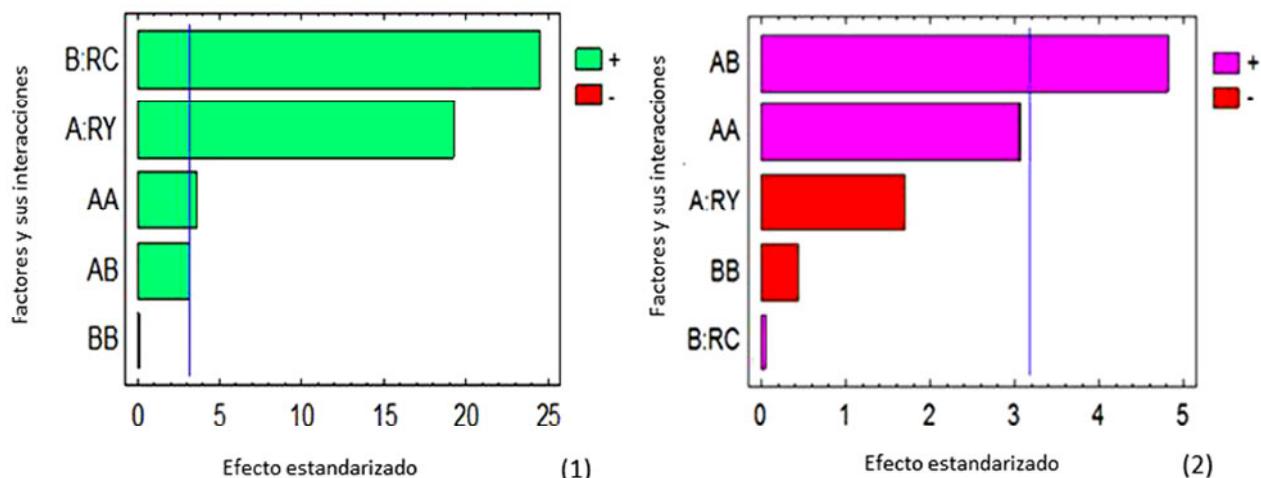
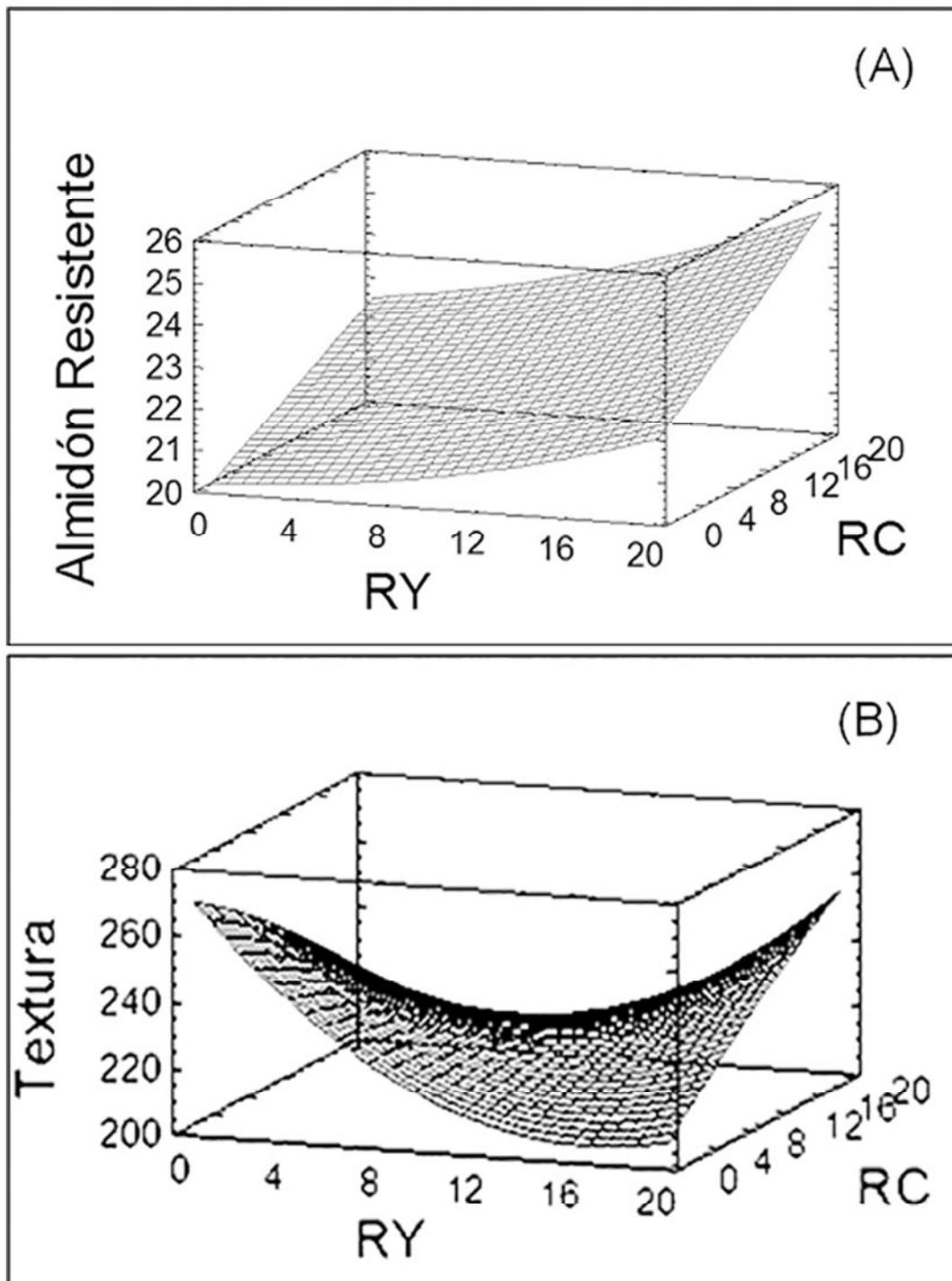


Figura 2. Diagrama de pareto estandarizado acerca del efecto de los factores sobre el contenido de almidón resistente (1) y la textura (2).A: efecto principal de la variable residuo de yuca (RY); B: efecto principal de la variable residuo de cambur (RC); AA: efecto de la interacción de segundo orden de la variable A (residuo de yuca: RY); AB: efecto de la interacción de las variables A:RY (residuo de yuca) y B:RC (residuo de cambur); BB: efecto de la interacción de segundo orden de la variable B (residuo de cambur: RC).



**Figura 3.** Superficie de respuesta estimada para el almidón resistente (A) y la textura (B), en función a la concentración de los residuos de yuca (RY) y cambur (RC).

los ponqués, siendo 25,31% el máximo valor que predice la superficie de respuesta, el cual se logra incorporando 20% de residuo de yuca y 20% de residuo de cambur.

En cuanto a la textura, los resultados predichos indican que al aumentar el contenido de residuos de yuca y disminuir el contenido de residuos de cambur, la textura va descendiendo, lo cual no es favorable. Para maximizar la textura, el modelo describe como óptimo 0% de residuos de yuca y 0% de residuos de cambur, eso significa que el área experimental evaluada (los niveles 0, 10 y 20%) en los factores (RY y RC), no mejora la textura según el diseño.

## CONCLUSIONES

Se desarrollaron nueve formulaciones de un alimento funcional tipo ponqué reducido en azúcares, sustituidos parcialmente mediante la incorporación de residuos fibrosos del proceso de extracción de los almidones nativos de yuca y cambur. Los ponqués obtenidos presentaron un mayor contenido de carbohidratos, cenizas, fibra detergente y almidón resistente que el tradicional, convirtiéndolos en un alimento con capacidad de otorgar beneficios para el consumo humano.

En la evaluación sensorial de los ponqués, con una mayor proporción de almidón resistente, los panelistas no detectaron diferencias significativas en la preferencia para los atributos color, olor, sabor, textura y apariencia global.

La metodología de superficie de respuesta determinó que el efecto de la incorporación de los residuos de yuca y cambur sobre la variable respuesta almidón resistente, es significativo y positivo; mientras que para la variable respuesta textura, se obtuvo que la interacción simultánea de ambos residuos tiene un efecto positivo y significativo, puesto que el residuo de yuca por sí solo tiene un efecto negativo.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo para el Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV), por el financiamiento de este trabajo, enmarcado en el Proyecto N° PG-01-8144-2011/2.

## LITERATURA CITADA

- Aparicio, A., S. Sayago, A. Vargas, J. Tovar, T. Ascencio and L. Bello. 2007. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. *Journal Food Company Analytical*. 20:175-181.
- Aparicio, I. 2008. Aprovechamiento de subproductos de leguminosas para la obtención de productos funcionales. Comparación de metodologías para la caracterización de la fibra alimentaria. Tesis Doctoral. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid. 217 p.
- Aranceta, J. y L. Serra. 2003. Guía de alimentos funcionales. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). Madrid, España. 14 p.
- Aranceta, J. y A. Gil. 2010. Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España. 187 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Benítez, B., A. Archile, L. Rangel, K. Ferrer, Y. Barbosa y E. Márquez. 2008. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia*. 33(1):61-65.
- Calvo, S., C. Gómez, M. Royo, M. y C. López. 2012. Nutrición, salud y alimentos funcionales. Fondo Editorial UNED. Madrid, España. 631 p.
- Collar, C. and C. Bollain. 2005. Relationships between dough functional indicators during breadmaking steps in formulated samples. *European Food Research and Technology*. 220(3-4):372-379.

- Contento, B. 2012. Hábitos no saludables relacionados son enfermedades crónicas degenerativas en pacientes que ingresan al servicio de clínica del Hospital Isidro Ayora. Trabajo de grado. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 63 p.
- Cueto, D. y E. Pérez. 2007. Formulación, caracterización y estabilidad de una mezcla lista para tortas a base de harina de trigo y yuca. V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. 1:1-14.
- Del Castillo, V. y M. Lescano. 2009. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 59(3):332-335.
- Delgado, N. y W. Albarracín. 2012. Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. Vitae. 19(1):430-432.
- Dreyer, A., N. Coello y E. Montiel. 2000. Utilización de la metodología de superficie de respuesta de la optimización de un medio de cultivo para la producción de l-lisina por *Corynebacterium glutamicum*. Agronomía Tropical. 50(2):167-188.
- Durán, R. y A. Valenzuela. 2010. La experiencia japonesa con los alimentos foshu ¿Los verdaderos alimentos funcionales? Revista Chilena de Nutrición. 37(2):224-233.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2010. Scientific Opinion on the safety of esteviol glycosides for the proposed uses as a food additive. EFSA Journal. 8(4):1537.
- Fennema, O. 2000. Química de alimentos. Acribia. 2da Edición. Zaragoza, España.
- Fernández, S., G. Ramos y L. Vázquez. 2006. Características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de ponqués de chocolate adicionados con proteínas de suero porcino. Revista Científica LUZ. 16(4):420-427.
- Figueroa, G. 2003. Optimización de una superficie de respuesta utilizando JMP IN. Mosaicos Matemáticos. 11:17-23.
- Gómez, M., F. Ronda, P. Caballero, C. Blanco and C. Rosell. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids. 2:167-173.
- Goñi, I., L. García, E. Mañas and F. Saura. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. Food Chemistry. 56(4):445-449.
- Granito, M., Y. Valero y R. Zambrano. 2010. Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 60(1):85-92.
- Guesry, P. 2005. Impact of 'functional food'. Forum of Nutrition. 57:73-83.
- Herrera, M. 2012. Evaluación fisicoquímica y propiedades funcionales de la harina y almidón nativo de cambur variedad *Musa* AAA subgrupo Cavendish para su uso en alimentos. Tesis de Pregrado. Caracas, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 106 p.
- Hernández, J., E. Agama, P. Osorio y G. Pacheco. 2010. Digestibilidad del almidón en galletas elaboradas con una formulación simple y adicionada con harina de plátano verde. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, México.
- Islas, E., E. Agama, P. Osorio y G. Pacheco. 2010. Digestibilidad del almidón en galletas elaboradas con una formulación simple y adicionada con harina de cambur verde. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, México.
- Kuan, Y. and T. Liang. 2008. Chemical and physicochemical characterization of agro waste fibrous materials and residues. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56:9252-9257.
- Lutz, M. 2012. ¿Podemos hablar de alimentos funcionales en Chile? Revista Chilena de Nutrición. 39(2):211-216.
- Maldonado, R. y E. Pacheco. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina

- de trigo y de plátano verde. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50(4):387-393.
- Mamma, D., E. Topankas, C. Vafiadi and P. Christakopoulos. 2009. Biotechnological potential of fruit processing industry residues. **In:** Biotechnology for agro-industrial residues. Singh-nee Nigam P. and Pandey A. (eds). Springer: UK. 286 p.
- McCready, R., J. Guggolz, V. Silveira and H. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables: application to peas. Annals of Chemistry. 22:1156-1158.
- Ovando, M. 2008. Pasta adicionada con harina de plátano: Digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis de Pregrado. Yautepec, México. Instituto Politécnico Nacional. 87 p.
- Paz, R. 1984. Harina de banano fortificada y panificable para sustituir importaciones de trigo. Ciencia y Tecnología. 1(4):75.
- Pérez, E., A. Mahfoud, C. Domínguez and R. Guzmán. 2013. Roots, tubers, grains and bananas; flours and starches. Utilization in the development of foods for conventional, celiac and phenylketonuric consumers. Journal of FoodProcess and Technology. Caracas, Venezuela. 4(3):2-6.
- Román, Y., N. Techeira, J. Yamarte, Y. Ibarra y M. Fasendo. 2015. Caracterización físico-química y funcional de los subproductos obtenidos durante la extracción del almidón de musáceas, raíces y tubérculos. Interciencia. 40(5):1-9.
- San Lucas, C. 2012. Uso de natamicina en pan de molde sin corteza para aumentar el tiempo de vida útil. Tesis de Grado. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 67 p.
- Saval, S. 2012. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. Biotecnología. 16(2):14-46.
- Siso, K. y E. Pérez. 2010. Composición proximal, características físicas, físico-químicas y sensoriales de panqués elaborados con harinas compuestas trigo: yuca: salvado de arroz estabilizado. Tesis de Maestría. Caracas, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 86 p.
- Techeira, N., A. Bolívar y S. Panqueva. 2009. Elaboración y evaluación de panes de queso con harina de ñame (*Dioscoreaalata*). Memorias VII Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CIBIA). Bogotá, Colombia. pp. 15-16.
- Van Soest, P. 1970. Forraje Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agriculture Handbook N° 379. Agricultural Research Service, United States Department of Agricultural.
- Valencia, F. y M. Román. 2004. La fibra dietaria como alimento funcional. Revista Vitae. 11(2):12-17.