

Efecto de tratamiento térmico y tipo de empaque en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de yuca mínimamente procesada

Maria José Mis Solval

**Escuela Agrícola Panamericana Zamorano,
Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de tratamiento térmico y tipo de empaque en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de yuca mínimamente procesada

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Maria José Mis Solval

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2013

Efecto de tratamiento térmico y tipo de empaque en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de yuca mínimamente procesada

Presentado por:

Maria José Mis Solval

Aprobado:

Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Mayra Márquez, Ph.D.
Asesora

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de tratamiento térmico y tipo de empaque en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de yuca mínimamente procesada

Maria José Mis Solval

Resumen: La yuca es una raíz de alta importancia económica y energética, no rica en nutrientes. El contenido de agua (65%) la convierte en un alimento perecedero. Los productos mínimamente procesados han tenido gran auge en los últimos años por la facilitación de consumo y/o preparación. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de escaldado y tipo de empaque en las propiedades físico-químicas, sensoriales y microbiológicas de yuca mínimamente procesada. Se trabajó con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 2×2; un factor fue el empaque (bolsa de polietileno de baja densidad (PEBD) y bandeja de poliestireno expandido con una cubierta de polivinilo de cloro (PSE-PVC)) y otro factor el tratamiento térmico (con escaldado y sin escaldado); contó con tres medidas repetidas en el tiempo (2, 7 y 15 días luego de procesadas) y tres repeticiones. Se realizaron análisis de color, textura pH, aw, mesófilos aerobios, hongos y levaduras y análisis sensorial. El tipo de empaque utilizado no influye sobre las características microbiológicas y aceptación sensorial, la bolsa disminuye la blancura y bandeja mantiene una leve coloración verde de los trozos de yuca. El escaldado a 90°C durante 5 minutos reduce la coloración amarilla, fuerza de corte, crecimiento microbiológico, aumenta la aw, y mejora la evaluación sensorial. Se recomienda escaldar los trozos de yuca, empacarlos en bandejas de PSE-PVC y almacenarlos a 5°C durante 7 días.

Palabras clave: Escaldado, microorganismos y polietileno.

Abstract: Cassava is a root of high economic and energetic importance, although it is not rich in nutrients. Its water content (65%) makes it a perishable food. Minimally processed products have been booming in recent years by facilitating consumption and/or preparation. The aim of this study was to evaluate the effect of blanching and packaging type on physicochemical, sensorial and microbiological properties of minimally processed cassava. The experimental design was a Complete Randomized Blocks with factorial arrangement of 2×2, a factor was the packaging (bag of low density polyethylene (LDPE) and an expanded polystyrene tray, covered with polyvinyl chloride (PSE -PVC). The other factor was heat treatment (blanching and without blanching); three repeated measurements were evaluated over time (2, 7 and 15 days after processed) with three replications. Analysis of color, texture, pH, aw, aerobic mesophilic bacteria, fungi, yeasts and sensory analyzes were performed. The type of packaging used does not affect the microbiological characteristics or sensorial acceptance, the LDPE bag decreases whitening and maintains a slight green coloring in the cassava. Blanching at 90 °C for 5 minutes reduces yellowing, cutting force, microbiological growth, increases the aw and improves the sensorial evaluation. Blanching treatment is recommended for cassava and packing them in EPS- PVC trays, stored at 5 ° C during 7 days.

Keywords: Microorganisms, polyethylene and scalding.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figura y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4 CONCLUSIONES.....	12
5 RECOMENDACIONES.....	13
6 LITERATURA CITADA.....	14
7 ANEXOS.....	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXOS

Cuadro		Página
1.	Descripción de tratamientos en diseño experimental y arreglo factorial.....	5
2.	Resultados análisis de color: valor L*	6
3.	Resultados análisis de color: valor a*	7
4.	Resultados análisis de color: valor b*	7
5.	Resultados análisis de actividad de agua (aw).....	8
6.	Resultados análisis químico: pH.....	8
7.	Resultados análisis de textura (Newton).....	9
8.	Resultados análisis microbiológicos de mesófilos aerobios	10
9.	Resultados análisis microbiológico de hongos y levaduras.....	10
10.	Resultados análisis sensorial de yuca mínimamente procesada	11
Figura		Página
1.	Flujo de proceso de yuca mínimamente procesada.	4
Anexo		Página
1.	Fórmula de permeabilidad para empaques	16
2.	Cálculo de oxígeno penetrante en empaques	16
3.	Resultado de correlaciones de análisis sensorial de yuca mínimamente procesada	17
4.	Correlación de color en prueba sensorial con color valor L*a*y b*	17
5.	Correlación de sabor en prueba sensorial con pH	18
6.	Correlación de textura en prueba sensorial con textura en Instron.....	18
7.	Resultado de interacciones de factores de parámetros físico-químicos de yuca mínimamente procesada.....	18
8.	Resultado de interacciones de factores con parámetro microbiológicos de yuca mínimamente procesada.	19
9.	Resultado de interacciones de factores con análisis sensorial de yuca mínimamente procesada	19

1. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta*) es la raíz mayor cultivada a nivel mundial (228 millones de toneladas en el 2008) y con mayor aporte económico. Ocupa el cuarto lugar en alimentos básicos, seguido del arroz, trigo y maíz (FAO/FIDA 2000). Posee dos problemas en su comercialización, el primero es el alto contenido de agua y segundo, la corta vida útil.

La vida útil de las raíces de yuca es de dos a tres días almacenada a temperatura ambiental (Sánchez *et al.* 2013). Debido a la corta vida útil de este producto han surgido tendencias dando valor agregado y comercializándola en croquetas pre-cocidas y congeladas, ayudando a solucionar el problema de perecebilidad.

Afhorfresh (2009), afirma que en los últimos años en España surge la tendencia de la cuarta gama, debido a los nuevos hábitos de consumo, ofreciendo al consumidor productos de calidad al tratarse de productos frescos que mantienen intactas las propiedades nutricionales. García y Campos (2006), definen mínimamente procesado como alimento fresco que ha llevado tratamiento de preparación, empacados, sometidos a atmosferas modificadas y posteriormente son llevados a almacenamiento en cuartos a temperatura de refrigeración.

Una de las ventajas de esta gama es la fácil y rápida preparación de los productos, por calidad nutritiva y organoléptica (Parzanese 2006), desafortunadamente la calidad de los productos mínimamente procesados tiende a bajar por la activación enzimática, promovidas en el proceso de producción de corte/troceado, dañando los tejidos (Barbagallo *et al.* 2012); en el caso de la yuca ocurre el estriado vascular por conservación inadecuada.

Según Cubas Sánchez (2010), la yuca mínimamente procesada tiene una vida útil de ocho días, almacenada a 5°C en forma de troncos para posteriores procesamientos (guisados o frituras chips). Los productos antes de ser congelados/enfriados deben inactivar sus enzimas para tener estabilidad bioquímica durante el procesamiento y tiempo de almacenamiento a temperaturas bajas. El tratamiento térmico ayuda a inactivar las enzimas y afecta a la textura.

La resistencia de las enzimas dependerá de factores como el pH, actividad de agua, presencia de azúcares y concentración de la enzima. Un escaldado incompleto hace que las enzimas se activen nuevamente debido a la regeneración en la estructura terciaria de la parte proteica de la enzima (Barreiro y Sandoval 2006).

Para el empaquetado de productos mínimamente procesados se utilizan materiales específicos como polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, poliestireno, polibutileno y polivinilo de cloro (García y Campos 2006), ya que su propiedad barrera es de alta importancia ante la protección del oxígeno, humedad, olores y sabores. Se recomienda que los vegetales mínimamente procesados pasen por tratamientos térmicos antes de cualquier proceso como enfriado/congelado para la preservación de su color durante la vida útil (Moreno *et al.* 2000)

Con el auge de esta tendencia de procesado mínimo en productos hortofrutícolas por la facilitación de consumo/preparación surgió una alternativa para la Planta de Poscosecha Zamorano procesando mínimamente las raíces de yuca. Los objetivos planteados para este estudio fueron:

- Determinar el efecto del tipo de empaque en las características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas de la yuca mínimamente procesada.
- Determinar el efecto del escaldado en las características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas de la yuca mínimamente procesada.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), Laboratorio de Microbiología Zamorano (LMAZ), Laboratorio de Análisis Sensorial, todos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, localizada en el kilómetro 30 carretera a Danlí, Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Materiales y equipo. Para la extracción de la cáscara se utilizaron cuchillos de acero inoxidable, tablas de picar y recipientes con capacidad de 20 litros para la desinfección de los trozos de yuca. Se empacó en bandejas de poliestireno expandido (PSE) con película de cloro de polivinilo (PVC) y polietileno de baja densidad (LDPE). Se utilizó el termómetro para la toma de temperatura del agua para escaldado y reloj para la toma de tiempo del escaldado y desinfección de los trozos de yuca.

Preparación de tratamientos. Se utilizó 40 kg de yuca variedad Valencia previamente lavadas de la Planta de Poscosecha, Zamorano.

Una vez pelada y cortada la yuca, los trozos fueron desinfectados con cloro a 100 ppm en 10 L de agua, durante 10 minutos, enjuagados, escaldados y no escaldados, escurridos, empacados y almacenados (Figura 1). Dos tratamientos fueron empacados en bolsas de polietileno de baja densidad y dos tratamientos en bandejas de poliestireno expandido con película cloro de polivinilo en los cuales se envasaron trozos de yuca escaldada y sin escaldar (Cuadro 1).

Utilizando la fórmula de permeabilidad para empaques de una capa. Se calculó la cantidad de oxígeno que penetró en cada tipo de empaque (anexo 2). Utilizando el coeficiente de permeabilidad de cada material. Para película de PVC un coeficiente de permeabilidad de $0.00002 \text{ m}^3 \text{ O}_2/0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \times \text{atm}$ (Delgado 2009), bandeja rectangular de PSE $0.0000000652 \text{ m}^3 \text{ O}_2/0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \times \text{atm}$ (Ares Pernas 2006) y PEBD $0.000445 \text{ m}^3 \text{ O}_2/0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \times \text{atm}$ (Delgado 2009).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos en diseño experimental y arreglo factorial.

Empaque	Tratamiento térmico	
	Escaldado	Sin escaldar
Bolsa	BCE	BSE
Bandeja	BanCE	BanSE

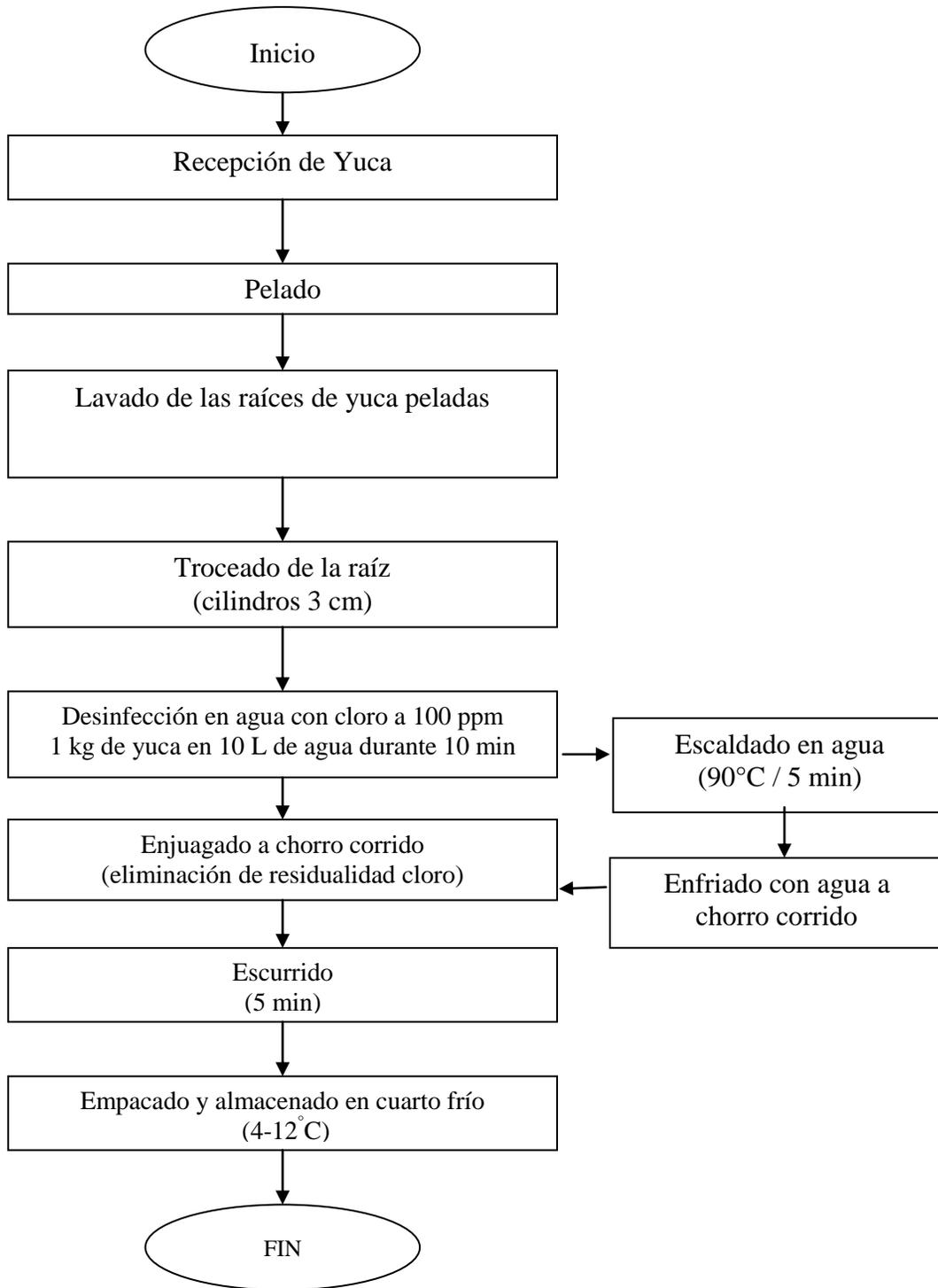


Figura 1. Flujo de proceso de yuca mínimamente procesada.

Análisis físico-químicos. Se realizaron análisis de los tratamientos en los días 2, 7 y 15 luego de envasados.

Color. Se utilizó el Colorflex Hunter Lab[®], obteniendo los valores L*, a* y b* en ejes de tres coordenadas L* con una escala de 0 (negro) a 100 (blanco), a* espectro visible de 60 (rojo) a -60 (verde) y b* con valores de 60 (amarillo) a -60 (azul).

Textura. Se utilizó el Instron 4444[®] con acople A772-24 y se realizaron cortes a la yuca en forma de cubo con dimensiones de 20 × 20 × 20 mm.

pH. Estos análisis se basaron en el método oficial AOAC 981.12

Actividad de agua (aw). Análisis basados en el método oficial AOAC 978.19 utilizando el AQUALAB[®].

Análisis sensorial. Se realizaron pruebas afectivas con 60 panelistas para evaluar los atributos de color, aroma, textura, sabor y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 5, siendo 1 me gusta mucho y 5 me disgusta mucho. El análisis se realizó con yuca cocida a 92°C durante 15 minutos sin adición de sal ni condimentos. Sólo se realizó evaluación sensorial a la yuca del día 2 ya que al día 7 presentaron características de color, olor y textura que no aceptaban los panelistas.

Análisis microbiológico. Se realizó análisis de mesófilos aerobios utilizando medio estándar (PCA), y para hongos y levaduras agar de papa dextrosa (PDA), de acuerdo al método oficial Bacteriological Analytical Manual (BAM) (Maturín y Pelador 2001).

Análisis estadístico y diseño experimental. Para el análisis estadístico se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS[®]) versión 9.1, la separación de medias fue LSmeans con un nivel de significancia del 95%. El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial 2 × 2, un factor fue el tipo de empaque (bandeja de poliestireno expandido con una cubierta de polivinilo de cloro/bolsa de polietileno de baja densidad) y un segundo factor el uso de tratamiento térmico (con escaldado/sin escaldado).

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Color

Valor L*. No se encontró diferencia significativa a través del tiempo, pero si entre los tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 2). Siendo el tipo de empaque el factor que influyó sobre los trozos de yuca mínimamente procesados ($P < 0.009$). Los tratamientos en bandeja tendieron a mantener más blancos los trozos de yuca, comparado con los tratamientos de yuca empacada en bolsa, y esto podría estar relacionado con la baja permeabilidad del empaque en bandeja de PS y película de PVC, al oxígeno ($\frac{0.00091118 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{0.0997 \text{ m}^2 \times \text{ día}}$) comparado con la permeabilidad de la bolsa de PEBD ($\frac{0.00695 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{0.048 \text{ m}^2 \times \text{ día}}$); logrando menor pardeamiento enzimático y por ende manteniendo la blancura característica de los trozos de yuca.

Cuadro 2. Resultados análisis de color: valor L*.

Empaque	Tratamiento térmico	Media \pm D.E ^δ
Bolsa	Escaldado	79.04 \pm 1.91 ^b
Bolsa	Sin escaldar	80.42 \pm 1.42 ^{ab}
Bandeja	Escaldado	81.93 \pm 2.96 ^a
Bandeja	Sin escaldar	80.97 \pm 3.31 ^a
Coeficiente de variación (%)		2.31

^δ Desviación Estándar

^{a-b} Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente.

Valor a*. Entre los tratamientos evaluados existió diferencia significativa y también a través del tiempo ($P < 0.05$) (Cuadro 3). Al día 2 se presentó una interacción entre los factores de estudio. Se obtuvo mayor tendencia a coloración rojiza en los trozos de yuca en bandeja sin escaldar y menor tendencia la yuca en bolsa sin escaldar y bandeja con escaldado. Al día 7 y 15 el tipo de empaque no influyó en los tratamientos pero el uso de tratamiento térmico si influyó ($P < 0.0001$). Los trozos de yuca escaldados no tendieron a tornarse enrojeadas, esto se podría relacionar a que el escaldado en agua ayuda a mantener los pigmentos del color por medio de la inactivación de las enzimas (Barreiro y Sandoval 2006). Estos datos concuerdan con los datos obtenidos por Oliveira y Morales (2009), en un estudio con yuca, al no haber cambios entre tratamientos con escaldado.

Cuadro 3. Resultados análisis de color: valor a*

Empaque	Tratamiento térmico	Media \pm D.E. ^Δ		
		Día 2	Día 7	Día 15
Bolsa	Escaldado	-0.81 \pm 0.05 ^{b(x)}	-1.43 \pm 0.23 ^{b(y)}	-1.81 \pm 0.13 ^{b(y)}
Bolsa	Sin escaldar	-2.28 \pm 0.45 ^{c(y)}	0.29 \pm 0.12 ^{a(x)}	-0.11 \pm 0.40 ^{a(x)}
Bandeja	Escaldado	-2.30 \pm 0.29 ^{c(y)}	-1.61 \pm 0.12 ^{b(x)}	-1.62 \pm 0.26 ^{b(x)}
Bandeja	Sin escaldar	0.48 \pm 0.02 ^{a(x)}	0.28 \pm 0.03 ^{a(x)}	0.33 \pm 0.22 ^{a(x)}
Coeficiente de variación (%)		2.09	1.60	1.68

^Δ Desviación Estándar

^{a-c} Medias en la misma columna con letra distinta difieren estadísticamente.

^(x-y) Medias entre filas con diferente letra son estadísticamente diferentes en el tiempo.

Valor b*. No se encontraron diferencias significativas a través del tiempo, pero entre los tratamientos si se encontraron ($P < 0.05$). El factor que influyó sobre los trozos de yuca fue el uso de tratamiento térmico, dando un color menos amarillo a los trozos de yuca con escaldado, esto podría estar relacionado con la inactivación de enzimas que ocurre durante el escaldado (Barreiro y Sandoval 2006).

Cuadro 4. Resultados análisis de color: valor b*.

Empaque	Tratamiento térmico	Media \pm D.E. ^Δ
Bolsa	Escaldado	16.03 \pm 1.81 ^{ab}
Bolsa	Sin escaldar	16.43 \pm 0.70 ^{ab}
Bandeja	Escaldado	15.81 \pm 1.72 ^b
Bandeja	Sin escaldar	17.76 \pm 2.29 ^a
Coeficiente de variación (%)		10.88

^Δ Desviación Estándar

^{a-b} Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente.

Actividad de agua. El cuadro 5 muestra que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y no a través del tiempo ($P < 0.05$). El factor que influyó sobre los tratamientos evaluados fue el uso de tratamiento térmico ($P < 0.0001$). Encontrándose mayor aw en los trozos de yuca que fueron sometidos a escaldado, este aumento podría estar relacionado con la gelatinización del almidón que ocurre a temperatura de (61–71°C) ya que a medida se fue calentando el almidón en el agua, estos iban reteniendo más agua de manera irreversible, causando un hinchamiento de su almidón (Vaclavik 1998).

Cuadro 5. Resultados análisis de actividad de agua (aw).

Empaque	Tratamiento térmico	Media ± D.E.^Δ
Bolsa	Escaldado	0.9974 ± 0.002 ^a
Bolsa	Sin escaldar	0.9934 ± 0.003 ^b
Bandeja	Escaldado	0.9981 ± 0.002 ^a
Bandeja	Sin escaldar	0.9914 ± 0.006 ^b
Coeficiente de variación (%)		0.31

^ΔDesviación Estándar^{a-b} Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente.

pH. El cuadro 6 muestra que existió diferencia significativa entre tratamientos y a través del tiempo. En el día 15 el valor de pH en los trozos de yuca disminuyó. Ningún factor influyó en el día 2 y 7. En el día 15 la interacción de factores de empaque y uso de tratamiento térmico influyeron sobre los tratamientos. Este cambio podría estar relacionado a la respiración de los tejidos vegetales y producción de CO₂ (García y Campos 2006).

Cuadro 6. Resultados análisis químico: pH.

Empaque	Tratamiento térmico	Media ± D.E.^Δ		
		Día 2	Día 7	Día 15
Bolsa	Escaldado	6.56 ± 0.02 ^{a(x)}	6.55 ± 0.06 ^{a(x)}	6.36 ± 0.05 ^{a(y)}
Bolsa	Sin escaldar	6.56 ± 0.05 ^{a(x)}	6.54 ± 0.06 ^{a(x)}	6.32 ± 0.06 ^{ab(y)}
Bandeja	Escaldado	6.59 ± 0.03 ^{a(x)}	6.56 ± 0.03 ^{a(x)}	6.41 ± 0.02 ^{a(y)}
Bandeja	Sin escaldar	6.60 ± 0.03 ^{a(x)}	6.57 ± 0.03 ^{a(x)}	6.23 ± 0.04 ^{b(y)}
Coeficiente de variación (%)		0.62	0.65	1.22

^ΔDesviación Estándar^{a-b} Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes.^(x - y) Medias con diferente letra entre las filas difieren estadísticamente en el tiempo.

Textura. El cuadro 7 muestra que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados y también a través del tiempo (P<0.05). En el día 2, 7 y 15 el factor que influyó sobre la textura de los tratamientos fue el uso de tratamiento térmico, dando mayor ablandamiento a los tratamientos con escaldado. Al día 7 se ve una disminución en la fuerza de corte sobre los trozos de yuca escaldados, tendiendo a ser más blandos. El cambio drástico de fuerza de corte en los vegetales entre los tratamientos con escaldo y sin escaldado está relacionado al cambio en la estructura del tejido de la superficie de los vegetales después del escaldado (Lamikanra 2002). El ablandamiento podría estar relacionado con la rotura de tejidos alterando el metabolismo e incrementando la velocidad de respiración del vegetal (García y Campos 2006). Así también, Parzanese (2006), afirma que la pérdida de turgencia de los vegetales se ve reflejada en la baja calidad sensorial del producto final ya que al romper los tejidos también se provoca una liberación de agua.

Cuadro 7. Resultados análisis de textura (Newton).

Empaque	Tratamiento térmico	Media \pm D.E. ^a		
		Día 2	Día 7	Día 15
Bolsa	Escaldado	76.73 \pm 11.86 ^{b(x)}	70.07 \pm 5.01 ^{c(y)}	54.83 \pm 5.02 ^{c(z)}
Bolsa	Sin escaldar	109.93 \pm 0.78 ^{a(x)}	108.30 \pm 0.72 ^{b(x)}	105.27 \pm 3.43 ^{b(y)}
Bandeja	Escaldado	66.97 \pm 1.19 ^{b(x)}	58.70 \pm 3.46 ^{d(y)}	47.80 \pm 3.47 ^{d(z)}
Bandeja	Sin escaldar	123.00 \pm 3.16 ^{a(x)}	119.07 \pm 5.94 ^{a(x)}	109.57 \pm 2.14 ^{a(y)}
Coeficiente de variación (%)		7.10	5.02	2.17

^a Desviación Estándar

^{a - c} Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes.

^(x - z) Medias con diferente letra entre las filas difieren estadísticamente en el tiempo.

Mesófilos aerobios. Entre los tratamientos evaluados existió diferencia significativa y también a través del tiempo ($P < 0.05$). En el día 2 y 7 la carga microbiana de los trozos de yuca con escaldado fueron iguales entre ellos y de la misma manera los trozos sin escaldado. La carga microbiana de los tratamientos con escaldado fue inferior a los que no tuvieron escaldado, debido a las altas temperaturas a las que fueron sometidos (90°C durante 5 minutos), garantizando así menor conteo microbiano y mayor vida útil (Cuadro 8). Datos obtenidos de los tratamientos de trozos de yuca con escaldado en el día dos y siete están dentro del rango permitido para consumo, de acuerdo al Reglamento No. 3084/2000, de 29 de diciembre de la Comisión Española 2001 que permite hasta 10^6 UFC/g en alimentos vegetales crudos y envasados.

Al día 15 los tratamientos fueron iguales, presentando alto conteo microbiano, esto podría estar relacionado a la presencia de Bacterias Ácido Lácticas (BAL). De acuerdo con García y Zurera (1997) en un estudio realizado con ensalada de vegetales, las BAL crecen cuando hay un incremento de CO_2 dentro del empaque por la respiración de los vegetales. En un estudio realizado con zanahorias cortadas Carlin *et al.* 1989 afirma haber encontrado que las BAL causan exudación y acidez. Las BAL presentes en el estudio de Gimeno y Cosano fueron (*Lactobacillus curvatus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus fermentum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus mesenteroides*, *Leuconostoc brevis*).

Cuadro 8. Resultados análisis microbiológicos de mesófilos aerobios.

Empaque	Tratamiento térmico	Log UFC/g±D.E. ^Δ		
		Día 2	Día 7	Día 15
Bolsa	Escaldado	1.47 ± 0.68 ^{b(y)}	2.39 ± 2.13 ^{b(y)}	7.25 ± 2.01 ^{a(x)}
Bolsa	Sin escaldar	8.16 ± 0.64 ^{a(x)}	8.85 ± 0.04 ^{a(x)}	8.87 ± 0.24 ^{a(x)}
Bandeja	Escaldado	2.44 ± 0.69 ^{b(y)}	4.84 ± 2.76 ^{b(xy)}	7.98 ± 0.77 ^{a(x)}
Bandeja	Sin escaldar	7.29 ± 0.07 ^{a(y)}	9.11 ± 0.06 ^{a(x)}	9.29 ± 0.64 ^{a(x)}
Coeficiente de variación (%)		10.50	25.75	14.23

^Δ Desviación Estándar

^{a-b} Medias en la misma columna con letra distinta difieren estadísticamente.

^(x-y) Medias con diferente letra entre las filas difieren estadísticamente en el tiempo.

Hongos y levaduras. No se encontró diferencia significativa a través del tiempo. Lo cual podría estar relacionado con el pH, ya que los hongos y levaduras resisten los cambios de pH (FAO 2004) comparado con las bacterias mesófilas. Existió diferencia entre los tratamientos. (P<0.05). Siendo iguales los tratamientos con escaldado y diferentes de los no escaldados. El uso de tratamiento térmico ayuda a disminuir el conteo de microorganismos que contaminan el producto, principalmente mohos y levaduras (López Alonzo *et al.* 2004). El factor que influyó sobre los tratamientos fue el uso de tratamiento térmico. No se han encontrado límites para hongos y levaduras en vegetales mínimamente procesados, sin embargo de acuerdo a Tournas (2005), los vegetales y coles mínimamente procesadas son contaminados mayormente por levaduras.

Cuadro 9. Resultados análisis microbiológico de hongos y levaduras

Empaque	Tratamiento térmico	Log UFC/g ± D.E. ^Δ
Bolsa	Escaldado	2.16 ± 2.30 ^b
Bolsa	Sin escaldar	6.81 ± 1.63 ^a
Bandeja	Escaldado	2.27 ± 1.00 ^b
Bandeja	Sin escaldar	5.97 ± 1.74 ^a
Coeficiente de variación (%)		37.03

^Δ Desviación Estándar

^{a-b} Medias en la misma columna con letra distinta difieren estadísticamente.

Análisis sensorial. De acuerdo a las pruebas sensoriales con escala de (1-5) siendo 1 me gusta mucho y 5 me disgusta mucho. Los panelistas si encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05). El factor que influyó fue el uso de tratamiento térmico, mostrando mejor evaluación los tratamientos que habían sufrido proceso térmico, sin embargo éste dato puede ser subjetivo debido a las diferentes formas de preparación y consumo de yuca, ya que no se le agregó ningún tipo de condimento. De acuerdo a las medias obtenidas, los tratamientos de trozos de yuca con escaldado fueron mejor evaluados al obtener valores cercanos a 1 (me gusta mucho) en los atributos.

Al día 7 la prueba sensorial no se pudo realizar en los tratamientos que no sufrieron proceso térmico, debido a que estos presentaron color, olor y textura no aceptable para consumo. Al día 15 ningún tratamiento pudo ser evaluado sensorialmente por presencia de olor, color, textura no aceptables.

Cuadro 10. Resultados análisis sensorial de yuca mínimamente procesada.

Em- paque	Tratamiento térmico	Media \pm D.E. ^Δ				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación general
Bolsa	Escaldado	2.53 \pm 1.13 ^b	2.75 \pm 0.89 ^{ab}	2.48 \pm 0.87 ^b	3.00 \pm 1.12 ^b	2.52 \pm 0.79 ^c
Bolsa	Sin escaldar	3.37 \pm 1.13 ^a	2.95 \pm 0.98 ^a	2.88 \pm 0.94 ^a	3.53 \pm 0.96 ^a	3.27 \pm 0.78 ^b
Bandeja	Escaldado	2.58 \pm 0.87 ^b	2.48 \pm 0.89 ^b	2.37 \pm 1.01 ^b	2.70 \pm 1.11 ^b	2.27 \pm 0.82 ^c
Bandeja	Sin escaldar	3.37 \pm 1.13 ^a	3.05 \pm 0.96 ^a	3.10 \pm 0.88 ^a	3.50 \pm 0.93 ^a	3.55 \pm 0.70 ^a
[§] C.V. (%)		35.97	32.67	34.41	31.76	26.83

^ΔDesviación Estándar

^{a-b}Medias en la misma columna con letra distinta difieren estadísticamente.

[§]Coficiente de Variación

Existe una correlación entre los resultados del análisis sensorial del color y valor a* (CP = 0.77 y P = 0.0049) encontrando que entre más rojos se veían los trozos de yuca menor aceptación tenía el color de yuca. Lo anterior considerando la escala usada en este estudio (1= me gusta mucho y 5= me disgusta mucho).

Existe una correlación entre los resultados del análisis sensorial de textura y textura en el Instron (CP = 0.75 y P = 0.0049) encontrando que entre más duro sentían los trozos de yuca menor aceptación tenía la textura de yuca. Lo anterior considerando la escala usada en este estudio (1= me gusta mucho y 5= me disgusta mucho).

3. CONCLUSIONES

- El empaçado de trozos de yuca en bandeja de poliestireno expandido mantiene la blancura durante 15 días, mientras que las bolsas de polietileno de baja densidad mantiene una coloración verdásea en los trozos de yuca en el día 2.
- El escaldado de trozos de yuca a 90°C por 5 minutos influye sobre los parámetros físico-químicos; disminuye la coloración amarilla en los trozos de yuca, aumenta la aw, mejora la evaluación sensorial, disminuye la fuerza de corte.
- El escaldado en los trozos de yuca a 90°C por 5 minutos disminuye el crecimiento microbiológico, dando una vida útil de 7 días.

4. RECOMENDACIONES

- Utilizar centrifugación en los trozos de yuca luego del desinfectado para lograr un mejor escurrimiento del agua en el vegetal.
- Evaluar las diferencias al utilizar otros métodos de desinfección en los trozos de yuca mínimamente procesada y compararlo con este estudio.
- Evaluar las diferencias al empacar al vacío y con atmosferas modificadas yuca mínimamente procesada.
- Utilizar compuestos orgánicos antioxidantes para la preservación de yuca mínimamente procesada.

5. LITERATURA CITADA

AEBOE (Agencia Estatal Boletín Especial del Estado). 2001. Reglamento de la Comisión Española No. 3084/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas (en línea). Consultado el 20 de nov. de 2013. Disponible en https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-809

Afhorfresh (Asociación Española de Frutas y Hortalizas Lavadas, Listas para su empleo). 2009. IV gama (en línea). Consultado el 28 de nov. De 2013. Disponible en <http://www.afhorla.com/ivgama.php>

Ares Pernas, A.I. 2006. Estudio de las propiedades barrera de filmes basados en polipropileno y copolímero de etileno y alcohol vínlico. Tesis Ph.D. Universidad da Coruña, Brasil. 201-221 p.

Barbagallo, R.N., M. Chisari, y C. Patané. 2012. Polyphenol oxidase, total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed 'California Wonder' and 'Quadrato d'Asti' sweet peppers. *Journal of Food Science and Technology*. (49) 192-196 p.

Barreiro, J.A. y A.J. Sandoval, 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Caracas, Venezuela. Editorial EQUINOCCIO. p 35.

Carlin, F., C. Nguyen-the, P. Cudennec, y M. Reich. 1989. Microbiological spoilage of fresh ready-to-use grated carrots. *Science des aliments*. 9:371-386.

Cubas Sánchez, C. 2010. Procesado mínimo de yuca. Tesis Doctoral de la Universidad de La Laguna, España. 407 p.

Delgado, E. 2009. Plásticos y conversión: La permeabilidad II (en línea). México. Mecánica Tecnomaq SA de CV. 5 p. Consultado el 12 de noviembre de 2013. Disponible en http://www.tecnomaq.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=25:la-permeabilidad-ii-&catid=5:plasticos-y-conversion&Itemid=13

FAO/FIDA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola). 2000. La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. Roma, Italia. 55 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2004. Manual de capacitación: Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. 70 p.

García-Gimeno, R.M. y G. Zurera-Cosano, 1997. Determination of ready-to-eat vegetable salad shelf-life. *International Journal of Food Microbiology*. 36:31-38.

Izquierdo García, D. y Naranjo Campos, C. 2006. Estandarización de las condiciones de proceso de zanahoria (*Daucus Carota*) y lechuga (*Lactuca sativa*) como productos mínimamente procesados refrigerados (MPR) obtenidos a partir de cultivos convencionales y orgánicos en la empresa JC Asociados. Tesis Ing. Bogotá, Universidad de la Salle. 131 p.

Lamikanra, O. 2002. Fresh-cut fruit and vegetables: Science Technology and market. Boca Raton, Florida. 452 p.

López Alonzo, R., T. Torres Zapata, y G. Antolín Giraldo, 2004. Envasado y conservación de alimentos. *Alimentación, equipos y tecnología*. 187:45-54.

Maturín, L. y J. Pelador 2001. Capítulo 3: Recuento aeróbico: Manual de análisis bacteriológicos (BAM-FDA).

Moreno, J., A. Chiralt, I. Escriche, y J.A. Serra, 2000. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International* 33:609 – 616.

Oliveira, M.A. y S.B. Morales. 2009. Technological and postharvest characteristics and productivity of cassava. *Ciênc. Agrotechnology*. 33 (3) 837-843.

Parzanese, M. 2006. Vegetales mínimamente procesados. *Alimentos argentinos*. N° 34(11): 1-15.

Sánchez, T., D. Dufour, J.L. Moreno, M. Pizarro, I.J. Aragón, M. Domínguez, y H. Ceballos, 2013. Changes in extended shelf life of cassava roots during storage in ambient conditions. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 86:520-528.

SAS® 2009. User's Guide. "Statistical Analysis System Inc., Carry, NC, USA." Versión 9.1.

Tournas, V.H. 2005. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts. *International Journal of Food Microbiology* 99:71-77.

Vaclavik, V.A. 1998. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. p 49.

6. ANEXOS

Anexo 1. Fórmula de cantidad de Oxígeno que penetra en empaques de una capa.

$$J = S \frac{\Delta P}{\Delta X} \quad [1]$$

S = Coeficiente de permeabilidad de acuerdo al material

ΔP = Diferencial de presión (atm), se trabajó con 0.21 atm O₂ ya que no hubo inyección de ningún tipo de gas (N₂, CO₂, O₂).

ΔX = Diferencial de grosor (mils).

Anexo 2. Cálculos de la cantidad de Oxígeno que penetra en los empaques

Material de empaque	Coeficiente de permeabilidad (m ³ O ₂ /0.00064516 m ² × día × atm)	Grosor (mils)	Área (m ²)	Oxígeno penetrante (m ³ O ₂ × día)
PVC	0.00002	0.5	0.07	0.000911
PSE	0.0000000652	3.5	0.0297	0.000000180
PEBD	0.000445	1	0.048	0.00695

PVC con área de 0.07 m²

$$J = \frac{0.00002 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \times \text{atm}} \frac{(0.21 \text{ atm} - 0 \text{ atm})}{0.5 \text{ mils}} = \frac{0.0000084 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día}}$$

$$\frac{0.0000084 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{X} \rightarrow \frac{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día}}{0.07 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.000911 \frac{\text{m}^3 \text{ O}_2}{\text{día}}$$

PSE con área de 0.0297 m²

$$J = \frac{0.0000000652 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \times \text{atm}} \frac{(0.21 \text{ atm} - 0 \text{ atm})}{3.5 \text{ mils}} = \frac{0.0000000039 \text{ m}^3 \text{ O}_2}{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día}}$$

$$\begin{aligned} 0.0000000039 \text{ m}^3\text{O}_2 &\rightarrow 0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \\ X & \quad 0.0297 \text{ m}^2 \\ X &= 0.000000180 \frac{\text{m}^3\text{O}_2}{\text{día}} \end{aligned}$$

Sumatoria de cantidad de Oxígeno que penetra en PVC y PSE: $0.00091118 \frac{\text{m}^3\text{O}_2}{\text{día}}$

PEBD con área de 0.048 m^2

$$J = \frac{0.000445 \text{ m}^3\text{O}_2}{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \times \text{atm}} \frac{(0.21 \text{ atm} - 0 \text{ atm})}{1 \text{ mils}} = \frac{0.0000934 \text{ m}^3\text{O}_2}{0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día}}$$

$$\begin{aligned} 0.0000934 \text{ m}^3\text{O}_2 &\rightarrow 0.00064516 \text{ m}^2 \times \text{día} \\ X & \quad 0.048 \text{ m}^2 \\ X &= 0.00695 \frac{\text{m}^3\text{O}_2}{\text{día}} \end{aligned}$$

Anexo 3. Resultado de correlaciones de análisis sensorial de yuca mínimamente procesada.

Atributos	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación general
Color	1	0.10115 0.1181	0.09628 0.1369	-0.0248 0.7019	0.26028 <0.0001
Aroma	0.10115 0.1181	1	0.04803 0.4589	0.03004 0.6433	0.34568 <0.0001
Sabor	0.09628 0.1369	0.04803 0.4589	1	0.12281 0.0575	0.51986 <0.0001
Textura	-0.02484 0.7019	0.03004 0.6433	0.12281 0.0575	1	0.3406 <0.0001
Aceptación general	0.26028 <0.0001	0.34568 <0.0001	0.51986 <0.0001	0.3406 <0.0001	1

Anexo 4. Análisis de correlación de color en prueba sensorial con color valor L* a* y b*

Sensorial	Análisis físicos		
	Color		
	L	a	B
Color	0.08421 0.7947	0.77644 0.0049	0.47855 0.1155

Anexo 5. Análisis de correlación de sabor en prueba sensorial con pH

Sensorial	Ph
Sabor	-0.18141
	0.59350

Anexo 6. Análisis de correlación de textura en prueba sensorial con textura en Instron

Sensorial	Textura en Instron
Textura	0.75046
	0.0049

Anexo 7. Resultado de interacciones de factores de parámetros físico-químicos de yuca mínimamente procesada.

Parámetros	Envase			Tratamiento térmico			Envase*tratamiento térmico		
	Día 2	Día 7	Día 15	Día 2	Día 7	Día 15	Día 2	Día 7	Día 15
Físico-químicos									
a*	0.0030	0.1965	0.0644	0.0026	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2432	0.4335
Textura	0.6840	0.9112	0.2190	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0254	0.0051	0.0013
pH	0.6300	0.7100	1.0000	0.6300	0.9300	0.0400	0.2700	0.7900	0.4800
Microbiológicos									
Mesófilos aerobios	0.4098	0.2100	0.4056	<0.0001	0.0007	0.0600	0.0600	0.3152	0.8200

Anexo 8. Resultado de interacciones de factores con parámetros microbiológicos de yuca mínimamente procesada.

Parámetros	Envase	Tratamiento térmico	Envase*tratamiento térmico
Físico-químicos			
L*	0.0090	0.7266	0.1906
b*	0.3409	0.0490	0.1818
Aw	0.5252	0.0001	0.2085
Microbiológicos			
Hongos y levaduras	0.5084	<0.0001	0.2090

Anexo 9. Resultado de interacciones de factores con análisis sensorial de yuca mínimamente procesada.

Sensorial	Envase	Tratamiento térmico	Envase*tratamiento térmico
Color	0.8573	<0.0001	0.8573
Aroma	0.4913	0.0017	0.1307
Sabor	0.6766	<0.0001	0.1652
Textura	0.2149	<0.0001	0.3208
Aceptación General	0.8673	<0.0001	0.0080