

Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores

Evaluation of commercial quality of cocoa beans (*Theobroma cacao L.*) using two types of fermentors

Clímaco ÁLVAREZ ✉, Lumidla TOVAR, Héctor GARCÍA, Franklin MORILLO, Pedro SÁNCHEZ, Cirilo GIRÓN y Aldonis DE FARIAS

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Miranda). Calle El Placer s/n, frente al Hospital H. R. Saldivia, Caucagua, Edo. Miranda. Código postal: 1246. E-mails: clalvarez@inia.gov.ve, ltovar@inia.gov.ve, hgarcia@inia.gov.ve; famorillo@inia.gov.ve, psanchez@inia.gov.ve, cgironv@inia.gov.ve, adefarias@inia.gov.ve ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 03/12/2009 Fin de arbitraje: 08/10/2010 Revisión recibida: 25/11/2010 Aceptado: 30/11/2010

RESUMEN

Para evaluar el efecto de dos tipos de fermentadores y la frecuencia de remoción sobre la calidad comercial de los granos fermentados y secos de cacao, se consideraron los siguientes factores poscosecha que influyen sobre la fermentación del cacao: tipo de fermentador (cajones de madera y cestas plásticas) y tres frecuencias en la remoción: FR1: 24, 48, 72 y 96 h; FR2: 24 y 48 h y FR3: 48 y 96 h, después de iniciado el proceso de fermentación. Se utilizaron muestras de semillas frescas de frutos sanos de cacao de tipo Trinitario de la localidad de Curiepe (Miranda), que fueron fermentados en 5 días y secadas al sol en patio de cemento, por un período de 5 días. Los contenidos de humedad, cenizas, pH, acidez total titulable, testa, dimensiones promedio y la prueba de corte se realizaron sobre el grano fermentado y seco según la AOAC (2000) y COVENIN N° 442 (1995) y 50 (1998). Los resultados revelaron que las características físicas no variaron significativamente en todos los factores estudiados. El mayor grado de fermentación se obtuvo para una frecuencia de remoción cada 24 horas con un 86% de granos fermentados y secos. Los cajones de madera y las cestas plásticas mostraron el 84% y 83% respectivamente, observándose diferencias para la acidez entre los factores estudiados. Se concluye que el uso de las cestas plásticas, por su bajo costo, durabilidad, operatividad y el adecuado manejo poscosecha pudiese ser considerado como una acertada recomendación para lograr un buen grado de fermentación.

Palabras clave: Fermentación, cajones de madera, cestas plásticas, frecuencia de volteo, prueba de corte.

ABSTRACT

To evaluate the effect of two types of fermentors and the removal frequency on the commercial quality of fermented and sun dried cocoa beans, was considered some factors post-crop that they influence on the fermentation likes of types of fermentors: wooden and plastic fermentation boxes and three variations of removal frequency (RF): RF1: 24, 48, 72 and 96 h, RF2: 24 and 48 h and RF3 was carried at 48 and 96 h after fermentation started. The fresh seeds samples used came from healthy cocoa fruits, Trinitarian type, from Curiepe region (Miranda). Fermentation process lasted 5 days and the sun dried of the cocoa beans took place in concrete floor for 5 days. The moisture content, ashes, pH, total tritable acidity, shell, average dimensions and cut test of fermented and sun dried cocoa beans were determined according to the methodology AOAC (2000) and COVENIN N° 442 (1995) and 50 (1998). The results of physical characteristics did not register any differences statistically in all factors considered. The high degree of fermentation was observed for a removal frequency (RF1) each 24 hours with 86% of cocoa fermented-sundried beans. The wooden and plastic fermentation boxes also registred values between 84% and 83% respectively. The acidity showed significant differences between some factors studied. The results allow to concluye that the practice use of plastic fermentation boxes, for their slow cost, durability, operativity and good post harvest process would can be used as one true recomendation to obtain a good degree of fermentation.

Key words: Fermentation, wooden boxes, plastic boxes, removal frequency, cut test.

INTRODUCCIÓN

Las áreas cacaoteras más importantes en el país, por sus elevados niveles de producción de cacao

son los estados Miranda y Sucre, los cuales representan el 78% del total de la producción nacional (MPPAT, 2009). La región de Barlovento, representa la mayor zona de cultivo del cacao en el estado

Miranda (45,74%) con una estimación de superficie sembrada de 30 000 ha y una producción anual que oscila entre 7 500 y 7 900 TM/año (Liendo y Marín, 2006; Girón *et al.*, 2007). Las condiciones ambientales favorables de esta región y la fermentación de los granos favorecen la obtención de un producto de calidad, que contribuye a la economía local y a la generación de divisas para el país (Girón *et al.*, 2007). Las plantaciones de cacao de la región de Barlovento, se encuentran localizadas en la zona de vida del Bosque Húmedo Tropical, caracterizados por la presencia de dos meses secos y un promedio anual de precipitación de 2 450 mm, con dos períodos de abundante precipitación (julio y noviembre), y dos épocas de mayor cosecha del cultivo (Sánchez, 1988; Izquierdo, 1998). En la zona de vida del Bosque Seco Tropical, la precipitación promedio anual es de 1 400 mm con cuatro meses secos y un período de abundante precipitación (julio) y una marcada época de mayor cosecha.

La parte del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) más utilizada son las semillas y de ellas, la comestible, que son sus cotiledones, los cuales sufren transformaciones importantes durante la fermentación y el secado. En la primera etapa se producen reacciones bioquímicas que causan una disminución del amargor y de la astringencia que dando, origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. En la segunda etapa se reduce la humedad, continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor (Fowler, 1994; Cros y Jeanjean 1995; Puziah *et al.*, 1998; Graziani de Fariñas *et al.*, 2003).

La metodología aplicada en ese proceso afecta la fermentación, bien sea por el tipo de fermentador empleado (Vargas *et al.*, 1989), el volumen de la masa (Bradeau, 1970; Puziah *et al.*, 1998; Portillo, 2000) y la frecuencia en el volteo de los granos (Puziah *et al.*, 1998), variando el método en los distintos países cacaoteros (Braudeau, 1970). En Venezuela, el proceso de fermentación se realiza tradicionalmente usando distintos sistemas: canastos, cajones plásticos, cajones de madera, cajas de madera escalonadas y seriadas, apilados y generalmente cubiertos con hojas de musáceas, etc., (Reyes y De Reyes, 2000). En la zona cacaotera de Barlovento en el estado Miranda, la mayoría de los productores fermentan de distintas maneras, siendo, el empleo de las cajas o las cestas plásticas uno de los sistemas para fermentar pequeñas cantidades de granos de cacao. Esta práctica, en la zona depende básicamente

de la experiencia que tiene el productor (saberes ancestrales) y del conocimiento que tienen sobre el manejo poscosecha del cacao, con variaciones entre productores y entre las zonas. Al igual que otras regiones cacaoteras del país, el secado natural por exposición al sol, es muy usado por los productores de Barlovento debido al bajo costo y a la simplicidad del método al tratarse de pequeñas cantidades de granos de cacao (Nogales *et al.*, 2006). Sin embargo, muestra significativas limitaciones por ser un método laborioso y dependiente de las severas condiciones climáticas de la región, que son variables de una zona a otra.

Si se carece de un apropiado tratamiento poscosecha, la calidad y uniformidad intrínseca del grano comercial se ve afectada negativamente y en consecuencia, el precio y prestigio en los mercados, a pesar de que el cacao venezolano reúne genéticamente, las características necesarias para desarrollar un buen producto (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003). La homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño es de importancia para la industria procesadora, ya que afecta la proporción de testa o cascarilla (Pt), observándose una relación entre el peso del grano de cacao seco y el Pt (Powell, 1981).

El objetivo de este estudio consistió en evaluar dos tipos de fermentadores: cajones de madera (CM) y cestas plásticas (CP) aplicando diferentes frecuencias de remoción (FR) de la masa, durante el proceso de fermentación (PF) y posteriormente un secado al sol de los granos. Todo esto con el propósito de generar y ofrecer tecnologías de uso práctico a los productores de cacao, para la obtención de un producto con características deseables de calidad, mediante el uso de un sistema distinto de fermentación a los cajones de madera, que tradicionalmente se han usado en el país. Por otra parte, permitirá a los técnicos de cacao, la difusión de métodos adecuados para la obtención de productos de alta calidad, en otras zonas productoras y evaluar en otros tipos de cacao los factores que afectan la calidad comercial del grano fermentado y seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cacao utilizado para este ensayo pertenece al tipo Trinitario siendo en su mayoría cruces con materiales del IMC-67, como madre y liberados por el Fondo Nacional del Cacao. Los frutos maduros y sanos fueron cosechados, en forma aleatoria, el

mismo día en el mes de abril de 2009, según el grado de madurez que presentaban los frutos de acuerdo con los criterios usados por el productor, dueño de una plantación llamada “La Cumaca”, ubicada en la zona de Curiepe, Municipio Brión, Parroquia Curiepe, en Barlovento, estado Miranda. Esta localidad se ubica a la margen del Río Curiepe con promedios anuales de precipitación de 1800 mm/año, humedad relativa 85% y temperatura 27 °C, esto la clasifica como un bosque seco tropical (Izquierdo, 1998).

Los frutos de cacao recién cosechados, fueron desgranados manualmente y separados en dos lotes iguales, para su posterior fermentación por triplicado en cada fermentador. La masa de semillas frescas (semillas y pulpa) de los lotes fueron colocadas en bolsas grandes inertes dentro de cestas plásticas identificadas y trasladadas el mismo día en una camioneta tipo cava (por un tiempo estimado de 30 minutos) hasta el cuarto de fermentación que se encuentra ubicado en el vivero de la Estación Experimental de INIA-Miranda en Caucagua, para el PF y posteriormente, el secado natural al sol.

Fermentación y secado

El ensayo de fermentación se condujo bajo un diseño de bloques completo al azar con tres repeticiones, donde los factores a evaluar fueron: tipo de fermentador (TF) y la frecuencia de remoción de la masa fermentante (FR). Para la fermentación se utilizaron los siguientes fermentadores: cestas plásticas rectangulares (CP) con capacidad de 50 Kg y dimensiones de 60 cm x 40 cm x 30 cm (largo x ancho x alto) con separaciones de 1,5 cm de largo x 0,5 cm de ancho en el fondo y laterales de las cestas. Las mismas fueron adquiridas en un centro de distribución y ventas de Guatire, estado Miranda y cajón de madera (CM) apamate (*Tabebuia pentaphyla* L.) diseñado en forma rectangular con las mismas dimensiones de CP, con dos separaciones de 0,5 cm entre los tres listones de madera en el fondo y laterales para facilitar la salida del exudado y suspendidas 5 cm sobre el piso con bases de madera. Cada fermentador fue llenado equitativamente con 50 kg de masa de cacao fresco (semillas y pulpa), como unidad experimental usada. Los cajones de madera y las cestas plásticas rectangulares fueron cubiertos con una lámina de polietileno negro, con dimensiones promedio (2 x 2) m² y amarradas con un cordón o mecate alrededor de cada fermentador, con el fin de evitar pérdidas de temperatura. El tiempo total de fermentación fue de 5 días, durante el cual se

efectuaron las siguientes frecuencias en la remoción (FR) de la masa fermentante: FR1: cada 24, 48, 72 y 96 h después de iniciada la fermentación, FR2: cada 24 y 48 h y FR3: cada 48 y 96 h.

La humedad relativa y temperatura ambiente fueron medidas diariamente en el interior de un cuarto cerrado, construido con paredes de bloque y techos de acerolit con dimensiones 3,84 m x 5,65 m x 3,90 m (largo x ancho x alto), usado para la fermentación y a la misma hora con un higrómetro y un termómetro respectivamente. La temperatura y % HR promedio osciló de 31,58 ± 0,36 °C a 57,02 ± 1,02 % durante los cinco días que duró la fermentación.

El secado de los granos de cacao fermentados en CM y CP, se efectuó por exposición directa al sol por 5 días consecutivos. Para lo cual, la masa de cacao de cada fermentador fue extendida sobre un patio de cemento ubicado en la parte adyacente al área de fermentación (descrito anteriormente), distribuyéndose en capas de 2 cm de espesor y expuestas al sol por 2 horas en el primer día, 3 horas a partir de segundo día y exposición completa en el cuarto día y quinto día hasta lograr un fácil desprendimiento de la testa del grano (crujiente) como indicador final del proceso de secado. Las capas fueron removidas y amontonadas cada hora al día para facilitar la evaporación del agua. Al final de cada día, los granos fueron recogidos y al enfriarse, tapados y guardados en los mismos cajones de madera y cestas plásticas hasta el día siguiente, una metodología característica de la zona de Barlovento.

Culminado el proceso de secado, fueron seleccionadas de cada fermentador identificado una muestra representativa de 2 Kg. de granos de cacao fermentado y seco, los cuales se empacaron y acondicionaron, para los respectivos análisis por triplicado en el Laboratorio de Calidad y Manejo Poscosecha del INIA-Miranda.

Las características físicas y químicas que describen la calidad del cacao comercial fueron determinadas sobre las muestras de granos fermentados CM y CP a tres frecuencias en la remoción de la masa fermentante y secados naturalmente al sol.

Análisis físicos

El porcentaje de testa y las dimensiones promedio del grano fermentado y seco se realizó

utilizando la metodología de Stevenson *et al.* (1993), el peso de 100 granos, los porcentajes de granos mohosos, quebrados, achatados, pizarrosos, múltiples, dañados por insectos, germinados, impurezas, fermentados e insuficientemente fermentados fueron calculados mediante las normas N° 442 (COVENIN, 1995) y N° 50 (COVENIN, 1998).

Análisis químicos

Se determinaron los siguientes análisis químicos según los métodos de la AOAC (2000): contenido de humedad (N° 931.04), cenizas (N° 972.15), pH (N° 970.21) y acidez total titulable (N° 942.15).

Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados por triplicado y a los resultados se les aplicó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey con el programa estadístico Infostat-Profesional versión 1.1 (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas de los granos fermentados y secos

Peso de 100 gramos de cacao fermentado y seco, porcentaje de testa o cascarilla

La prueba de medias de Tuckey mostró variaciones significativas ($P \leq 0,05$) en el peso de 100 g de cacao fermentado en los dos tipos de sistemas (CM y CP), con variaciones de los tiempos de remoción de la masa y secados de los granos al sol; correspondiéndoles los mayores valores a los CM y al valor obtenido a una FR3 entre 48 y 96 horas, después de iniciado el PF (Cuadro 1). Con respecto al peso, los granos fermentados y secos en los CM mostraron un mayor valor (157,45 g) para este índice y con un menor Pt (13,95 %), mientras que las CP mostraron un menor valor del peso (148,89 g) con un alto valor en el Pt (14,04%). Por lo que en este estudio, se obtuvo una relación inversa al peso/% testa o cascarilla, señalada por Hardy (1961) y Stevenson *et al.* (1993).

Cuadro 1. Peso del grano, porcentaje de testa y dimensiones promedio de los granos de cacao fermentados en dos tipos de fermentadores, variando la frecuencia de remoción de la masa y secados al sol.

Características	Tipo de Fermentador	Frecuencia de remoción			Promedio
		FR1	FR2	FR3	
Peso 100 granos de cacao seco	CM	151,39	147,44	157,45	157,45 a
	CP	146,28	151,18	149,20	148,89 b
Promedio		148,84 b	149,31 b	153,32 a	
Testa (%)	CM	13,85 ± 0,05	13,99 ± 0,01	13,78 ± 0,02	13,95 a
	CP	14,06 ± 0,02	13,76 ± 0,02	14,16 ± 0,16	14,04 a
Promedio		13,96 a	13,88 a	13,97 a	
Largo (cm)	CM	2,48 ± 0,04	2,44 ± 0,15	2,63 ± 0,07	2,48 a
	CP	2,46 ± 0,05	2,45 ± 0,04	2,45 ± 0,08	2,45 a
Promedio		2,47 a	2,44 a	2,49 a	
Ancho (cm)	CM	1,35 ± 0,02	1,29 ± 0,09	1,37 ± 0,02	1,34 a
	CP	1,33 ± 0,01	1,35 ± 0,01	1,32 ± 0,04	1,33 a
Promedio		1,34 a	1,32 a	1,35 a	
Espesor (cm)	CM	0,87 ± 0,02	1,14 ± 0,06	0,85 ± 0,05	0,95 a
	CP	1,17 ± 0,51	0,89 ± 0,06	1,15 ± 0,58	1,07 a
Promedio		1,02 a	1,01 a	1,00 a	

CM : cajón de madera y CP: cestas plásticas rectangulares.

FR: Frecuencias en la remoción de la masa fermentante: FR1: cada 24, 48, 72 y 96 h después de iniciada la fermentación, FR2: cada 24 y 48 h y FR3: cada 48 y 96 h.

Letras iguales en filas y columnas indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Pérez *et al.* (2002) registraron una relación directa entre el peso del grano comercial con el Pt, es decir, mientras los valores de peso del grano son mayores, estos mostraron más Pt en granos beneficiados de cacao de la localidad de Chuao estado Aragua, resultados concordantes a los Pt encontrados por Álvarez *et al.* (2007) en muestras comerciales de cacao analizados de la localidad de Cuyagua del estado Aragua.

Estos parámetros son de importancia para la industria, ya que el tostado de los granos por encima de temperaturas de 100° C durante tiempos comprendidos de 20 a 40 minutos produce cierta migración de la manteca a la cáscara generando pérdidas de ésta última al descartarse la cascarilla o testa (Álvarez *et al.*, 2007).

Los valores obtenidos en el peso de 100 gramos de granos de cacao fermentados en los dos sistemas y secados al sol, variando la frecuencia de remoción, excedieron a los señalados por la Norma COVENIN, N° 50 (1998), que establece para los granos comerciales de cacao, un peso promedio comprendido entre 100 a 120 g y catalogándolo como un tipo de cacao "Fino". Este tipo de cacao, se constituye en su mayoría por granos bien fermentados (mayor del 80%), que presentan características de aroma y sabor del cacao, exentos de cualquier tipo de alteración, según lo señalado por la norma.

Dimensiones promedio (largo, ancho y espesor) de los granos fermentados y secos

Entre los dos fermentadores y la frecuencia en la remoción de la masa de los granos, no se observaron diferencias significativas entre las dimensiones promedio del grano. El largo, ancho, espesor de las almendras son características altamente heredables y gobernados por genes dominantes (Enríquez, 1989). Los granos de cacao analizados fueron grandes y ovoides, que los diferencia a los granos de cacao tipo forastero (aplanados y de menor tamaño) y criollos (grandes y redondas) cosechados en la localidad de Cumboto, estado Aragua (Lemus *et al.*, 2002). Al igual que los resultados encontrados por Álvarez *et al.* (2007), el largo, ancho y espesor de los granos beneficiados de cacao de la región de Cuyagua mostraron ligeras diferencias entre los genotipos y también con la muestra comercial evaluada. Sin embargo, en la bibliografía actual existen estudios que registran los valores de las dimensiones promedio de las semillas de cacao (largo, ancho, y espesor)

relacionadas solamente con el índice de hinchamiento de un cacao bien fermentado, características que se incrementan en el transcurso del PF. Siendo éste, fuertemente modificada por el proceso de secado de los granos.

Lemus *et al.* (2002); Contreras *et al.* (2004) han registrado variaciones en las características físicas según el tipo de cacao pero no así entre los tipos de fermentadores empleados. En general, la frecuencia de remoción de la masa no afectó significativamente las dimensiones promedio de los granos y el Pt, es posible que la variación observada en el peso de 100 granos secos a una FR3 (48 y 96 horas después de iniciado el PF), sea debida posiblemente a un mayor contenido de humedad de los granos por deficiencias en el proceso de secado.

Por consiguiente, la muestra estudiada, es muy homogénea en cuanto a sus dimensiones promedio. Estas características junto con la densidad de los granos, son de importancia para la limpieza y clasificación del cacao al inicio del proceso para la obtención del polvo de cacao o chocolatería. Muchos de los equipos de selección y limpieza en el procesamiento de cacao se basan en el tamaño uniforme del grano, para separarlos del material extraño por medio de fuerza de gravedad, vibración o aspiración (Wollgast y Anklam, 2000).

Prueba de corte de calidad (cut test)

No se observaron diferencias significativas en el grado de fermentación registrado en los granos que fueron beneficiados en CM y CP, resultando eficientes ambos fermentadores (Cuadro 2). Asimismo, para los tres tiempos de remoción de la masa de cacao, se obtuvo un grado mayor al 80% de granos fermentados y secos (según la prueba de corte de calidad), estando relacionado este índice con las altas temperaturas alcanzadas durante el PF, con una frecuencia de remoción de la masa cada 24 horas, según lo planteado por Portillo *et al.* (2005). Se ha observado que al retardar el desgrane de los frutos de cacao se obtiene un mayor índice de fermentación, es decir un mayor número de granos secos de color pardo (Torres *et al.*, 2004).

Existen otros investigadores que han señalado la importancia que representa la remoción de la masa de cacao sobre la calidad final del chocolate y han sugerido que la misma se debe realizar en intervalos de 24 horas (Enríquez, 1985; Montero, 1989; Schawn,

1990). Los resultados obtenidos en este estudio son concordantes a los de Tomlins *et al.* (1993), quienes no encontraron diferencias significativas en los resultados de la prueba de corte (cu-test) después del secado al sol o mecánico de los granos en varios cultivares de cacao, fermentados en condiciones diferentes.

Aunque no fue el propósito de este estudio, es importante señalar que el grado de fermentación observado por ambos sistemas es un indicio que el aumento de la temperatura cumple un importante

función sobre la masa de cacao durante la fermentación, siendo este aumento ocasionado por las reacciones exotérmicas en el grano y al aumento de la actividad microbiana (Samah *et al.*, 1993; Senayake *et al.*, 1995; Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a).

Braudeau (1970) señaló que el aumento de la temperatura era responsable por una parte, de la muerte del embrión y del inicio de las reacciones enzimáticas en los tejidos del cotiledón, dando origen a los precursores de sabor y aroma a chocolate

Cuadro 2. Grado de fermentación y defectos físicos del grano de cacao fermentado en dos tipos de fermentadores, variando la frecuencia de remoción de la masa y secados al sol

Índices físicos según la prueba de corte (%)	Tipo de Fermentador	Frecuencia de remoción			Promedio
		FR1	FR2	FR3	
Granos fermentados	CM	89	79	84	84 a
	CP	83	84	82	83 a
Promedio		86 a	82 b	83 b	
Granos insuficientemente fermentados	CM	11	21	16	16 a
	CP	17	16	18	17 a
Promedio		14 c	10 a	17 b	
Granos quebrados	CM	2	1	1	1 a
	CP	1	1	1	1 a
Promedio		2 a	1 a	1 a	
Granos achatados	CM	1	1	1	1 a
	CP	2	1	1	2 a
Promedio		2 a	1 a	1 a	
Granos pizarrosos	CM	3	2	3	3 a
	CP	1	4	3	3 a
Promedio		2 a	3 a	3 a	
Granos múltiples	CM	2	1	1	1 a
	CP	2	1	2	2 a
Promedio		2 a	1 a	2 a	
Granos dañados por insectos	CM	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0
Promedio		0	0	0	
Granos germinados	CM	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0
Promedio		0	0	0	
Granos mohosos	CM	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0
Promedio		0	0	0	
Impurezas visibles	CM	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0
Promedio		0	0	0	

CM : cajón de madera de apamate y CP: cestas plásticas rectangulares

Frecuencias en la remoción (FR) de la masa fermentante: FR1: cada 24, 48, 72 y 96 h después de iniciada la fermentación, FR2: cada 24 y 48 h y FR3: cada 48 y 96 h.

Letras iguales dentro de filas y columnas indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Otros investigadores han registrado que el uso del CM ha conducido a una mejor fermentación de los granos de cacao (Graziani *et al.*, 2003a; Portillo *et al.*, 2005). Sin embargo, los resultados del grado de fermentación para los granos de cacao fermentados en las CP (con diferentes remociones de la masa) y secados al sol, difieren de los señalamientos anteriores, aún cuando los estudios existentes están enfocados en los incrementos de los valores del índice de fermentación que se registran durante el PF, como resultado de las complejas reacciones que ocurren en el interior del grano por efecto de la temperatura (Lemus *et al.*, 2002; Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a; Contreras *et al.*, 2004), así como la evaluación de las características físicas y químicas de los granos.

Nogales *et al.* (2006) observaron un incremento del índice de fermentación por encima del 90% en los granos fermentados en dos diseños de cajones de madera y secados al sol, los cuales fueron superiores a los obtenidos en este estudio, valores atribuidos a una posible sobrefermentación de la masa de cacao durante el PF (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a).

El color de los granos secos y observados por medio de la prueba de corte, representó ser una característica del grado fermentación, de forma que el color violeta detectado en los granos indicó una fermentación incompleta, siendo de 16 % para el CM y 17 % para la CP; mientras que el color marrón denotó una fermentación completa, según a lo establecido por la norma COVENIN, N° 50 (1998), con pocas diferencias en cada uno de los tiempos de remoción.

Al fermentar los granos, el color cambia a una tonalidad parda, que difiere entre los tipos (Lemus *et al.*, 2002), el cual es producido por la hidrólisis de las antocianinas y la posterior oxidación de las agliconas resultantes a compuestos quinónicos, los cuales contribuyen al color pardo característico de un cacao fermentado (Cros *et al.*, 1982). En el secado el color varía, debido a la formación de los pigmentos marrones (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap *et al.*, 1994) producidos por las reacciones de condensación proteína-quinona ocurridas después de la oxidación enzimática de los polifenoles, como en el caso de las leucocianidinas y las epicatequinas (Puziah *et al.*, 1999).

En el Cuadro 2 también se describen otras características físicas de calidad de los granos

beneficiados y determinados mediante la prueba de corte de calidad, según la norma Covenin (1998). El defecto más significativo para los granos fermentados en los dos sistemas, con diferentes tiempos de remoción y secados al sol; lo representó el porcentaje de granos pizarrosos, el cual tiene un valor mínimo del 2% y un máximo de 4% para los cacaos finos de aroma según la norma. Se obtuvo para los granos de ambos fermentadores y para una FR un 3% de estos granos pizarrosos.

Los granos múltiples y achatados fueron pocos significativos entre los factores estudiados, pero se ajustan a los requisitos exigidos por la norma para su aceptación en el mercado en relación a calidad y precios. Las normas de clasificación del cacao para su comercialización o distribución se fundamenta principalmente en el grado de fermentación, secado uniforme de los granos, contenido de humedad que no exceda del 8% y no contener almendras con olores y sabores extraños y sin ninguna traza de adulteración (Reyes y De Reyes, 2000). Estos resultados confirman nuevamente que un buen tratamiento en el manejo poscosecha del cacao garantizará una buena calidad intrínseca de las almendras de cacao.

Ortiz de Bertorelli *et al.* (2009) registraron que muestras removidas en distintas frecuencias no fueron significativas entre sí, pero el tipo de cacao influye sobre el porcentaje de granos pizarrosos, mostrando la menor cantidad de éstos, en el cacao tipo criollo de la localidad de Cumboto, en el estado Aragua. Sin embargo, algunos de los valores obtenidos de los índices físicos en este estudio (% granos pizarrosos y % granos múltiples) fueron menores a los reportados al de los autores anteriores, no así en el % granos insuficientemente fermentados. Las diferencias observadas de los índices físicos fueron atribuidas a la cosecha de frutos que no estaban completamente maduros y que dan origen a un alto porcentaje de granos insuficientemente fermentados, pizarrosos, violáceos y probablemente por diferencias en el procesamiento del grano (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009).

Características químicas de los granos fermentados

Contenido de humedad

El análisis estadístico, realizado a los valores promedios correspondientes a las características químicas de calidad de los granos de cacao, determinó

que no variaron significativamente ($P \leq 0,05$) entre los dos fermentadores y en la frecuencia de remoción de la masa (Cuadro 3). Los valores del contenido de humedad fueron similares en todos los factores estudiados, este valor coincidente con el rango (6-8%) establecido por COVENIN (1998), es un requisito de calidad requerido por los mercados internacionales para la comercialización del grano de cacao.

La humedad obtenida al final del secado al sol deberá descender a valores comprendidos entre 6-8% de humedad, si el valor baja de ese nivel exigido, las almendras son quebradizas con la manipulación, si por el contrario, está por encima, la tendencia de los granos a adquirir malos olores y de ser atacados por hongos y daños por insectos se incrementará incidiendo en la pérdida del valor comercial y de la calidad intrínseca del grano (Reyes y De Reyes, 2000). El secado deberá reducir el contenido de humedad hasta niveles que facilite su almacenamiento, transporte, manejo y comercialización (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2004).

Los estudios de Nogales *et al.* (2006) relacionados con los cambios físicos y químicos durante el tiempo de secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera, mostraron un contenido promedio de humedad de 7,95 %; un valor superior a los encontrados en este estudio, y en los que se usaron para la fermentación de los granos de cacao, cajones de madera y cestas

plásticas, con valores de 6,85 y 6,25%, respectivamente. Las diferencias observadas en cada intervalo de remoción de la masa son atribuidas a las condiciones climáticas imperantes al exponer los granos al sol y al número de días de secado, los cuales son dependientes de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento, puesto que el calor y el movimiento del aire contribuyen a la remoción de la humedad y a la pérdida gradual y continua del agua (Jinap *et al.*, 1994). La superficie de secado como el patio de cemento usado para el secado y la frecuencia de remoción de los granos no tuvieron alguna influencia significativa sobre las características químicas, ni sobre el color del grano, pero si afecta los porcentajes de cascarilla o testa y en la cantidad de granos partidos y múltiples (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2004) ya discutidos anteriormente.

Los valores de humedad determinados fueron más altos que los encontrados por Ortiz de Bertorelli *et al.* (2009), posiblemente al tipo de manejo en la que se procesó el grano.

Contenido de cenizas

La prueba de comparación de medias no registró diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de cenizas para los dos sistemas de fermentación, variando la remoción de la masa y secados al sol. Se ha observado que al final del secado, la pérdida por difusión de los minerales es

Cuadro 3. Algunas características químicas de los granos de cacao fermentados en dos tipos de fermentadores, variando la frecuencia de remoción de la masa y secados al sol.

Características químicas	Tipo de Fermentador	Frecuencia de remoción			Promedio
		FR1	FR2	FR3	
Humedad (%)	CM	6,40 ± 0,36	7,29 ± 0,30	6,70 ± 0,90	6,81 a
	CP	6,16 ± 0,06	6,42 ± 0,50	6,16 ± 0,30	6,25 a
Promedio		6,28 a	6,86 a	6,43 a	
Cenizas (% b.s.)	CM	2,83 ± 0,01	3,34 ± 0,55	3,10 ± 0,31	3,00 a
	CP	2,90 ± 0,02	2,83 ± 0,21	3,21 ± 0,08	3,16 a
Promedio		2,87 a	3,09 a	3,16 a	
pH	CM	5,49 ± 0,06	5,40 ± 0,01	5,24 ± 0,03	5,37 b
	CP	5,61 ± 0,01	5,56 ± 0,02	5,59 ± 0,06	5,59 a
Promedio		5,55 a	5,48 b	5,41 b	
Acidez total (% b.s.)	CM	0,45 ± 0,05	0,48 ± 0,08	0,62 ± 0,07	0,52 a
	CP	0,37 ± 0,06	0,35 ± 0,06	0,65 ± 0,06	0,46 b
Promedio		0,41 b	0,42 b	0,64 a	

CM : cajón de madera y CP: cestas plásticas rectangulares.

FR: Frecuencias en la remoción de la masa fermentante: FR1: cada 24, 48, 72 y 96 h después de iniciada la fermentación, FR2: cada 24 y 48 h y FR3: cada 48 y 96 h.

Letras iguales en filas y columnas indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

limitada por la disminución de la velocidad de reducción del contenido de humedad en el secado de las almendras (Nogales *et al.*, 2006). Estos últimos investigadores, han registrado valores de 3,52 % para los granos fermentados en cajones cuadrados de madera, 3,84 % en los cajones rectangulares y secados al sol, los cuales son superiores a los indicados en este estudio, pero si concordantes a los valores obtenidos por Pérez *et al.* (2002) y Álvarez *et al.* (2007) con 3,23 % y 3,29 %, para muestras comerciales de la localidad de Chuao y Cuyagua respectivamente.

pH y acidez total titulable

La acidez y el pH son parámetros críticos en la calidad del cacao usado por la industria chocolatera. El exceso de ácido acético producido por una mala fermentación causa efectos adversos sobre el “flavour” del chocolate (Luna *et al.*, 2002; Serra y Ventura, 1997). Un nivel alto de pH en los cotiledones es un indicativo de una sobre fermentación de la masa, la cual conduce a la formación de ácidos carboxílicos y amina biogénicas por descarboxilación enzimática de los correspondientes aminoácidos (Cros y Jeanjean, 1995).

Durante la fermentación, los ácidos acético y láctico son producidos por la degradación microbiana de la pulpa y difundidos hacia el interior del cotiledón aumentando los niveles de acidez los cuales disminuyen durante el secado de los granos (Meyer *et al.*, 1989).

Respecto al pH, se observó un comportamiento variable al final del secado de los granos de cacao, entre los fermentadores y las frecuencias de remoción, presentándose un pH que cayó en un rango fijado por Jinap y Dimick (1990), según el cual incluyen a Venezuela dentro del grupo de países productores de cacao de alto pH. Este parámetro presenta una alta correlación (-0,94) con la acidez total titulable (Jinap y Dimick, 1990), la cual es considerada como el mejor indicativo de la acidez que el pH (Jinap y Dimick, 1994). Por consiguiente, el valor obtenido del pH del cacao fermentado en cajones de madera entra en el intervalo de 5,20-5,49 correspondiente a un tipo de cacao comercial con pH intermedio. En el caso de los granos fermentados en cestas plásticas y secados al sol, el pH obtenido se encuentra en el intervalo comprendido entre 5,50-5,80

que corresponde a un tipo de cacao con alto pH según el criterio fijado por los investigadores anteriores.

La reducción de los valores de acidez, principalmente de los ácidos volátiles y libres en los granos fermentados y secados al sol coincide con el mayor descenso del contenido de humedad durante el secado (Nogales *et al.*, 2006).

Los valores de acidez fueron estadísticamente diferentes en los granos fermentados en los dos sistemas, produciéndose una elevación de este parámetro en la FR3 con un pH intermedio (5,20-5,49) según el rango fijado por Jinap y Dimick (1990), causado posiblemente por una deficiencia en el secado de los granos de cacao y una acumulación del contenido de agua en los cotiledones.

Los valores de pH encontrados por Pérez *et al.* (2002) en granos comerciales de la localidad de Chuao fueron bajos (5,11) y ligeramente ácidos al ser comparados con los indicados en este estudio. Por su parte, Nogales *et al.* (2006) y Ortiz de Bertorelli, *et al.* (2009) registraron altos valores de pH y de acidez en granos fermentados y secos de los cacaos tipos criollos y forasteros de la localidad de Cuyagua y Cumboto respectivamente, al compararse con los presentados en este estudio. Todas estas diferencias podrían atribuirse a la variabilidad genética del material de la zona (Lemus *et al.*, 2002) y a la aplicación de metodologías distintas en el beneficio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El porcentaje de testa y las dimensiones promedio (largo ancho y espesor) de los granos fermentados y secos no se vieron afectados por el tipo de fermentador usado y del tiempo de remoción de la masa fermentante. Las variaciones fueron observadas en el peso de 100 granos de cacao fermentado y seco, en cada factor estudiado.
2. Al comparar los CM y las CP, se observó un buen grado de fermentación según la prueba de corte de calidad, obteniéndose más del 80 % de granos fermentados y secos en diferentes intervalos en la remoción de la masa (cada 24 horas durante los cinco días que duró la fermentación). El porcentaje obtenido de granos achatados, pizarrosos y múltiples se ajustan a los requerimientos exigidos por la norma COVENIN (1998), para ser considerado como un grano

comercial. Estos índices son afectados por el tipo de cacao utilizado para el beneficio y están relacionados con el grado de madurez de los frutos.

3. La humedad y las cenizas no variaron entre los dos fermentadores y los tiempos de remoción empleados, obteniéndose valores de humedad ajustados a la norma COVENIN. El pH y la acidez variaron según el tipo de fermentador utilizado, obteniéndose valores de pH comprendidos entre 5,37 y 5,59 para los granos fermentados en CM y CP. El alto valor del contenido de acidez se presentó los dos sistemas con tiempo de remoción de la masa fermentante en 48 y 96 horas una vez iniciado el PF.
4. Aun cuando ambos fermentadores, mostraron un aceptable grado de fermentación, es importante continuar con los ensayos físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales de granos o materiales procedentes de otras unidades de producción y de pequeños productores existentes en la zona de Barlovento a fin de estandarizar el beneficio poscosecha y conocer mejor las cestas plásticas, que se estima como un sistema de fermentación alternativo, práctico, duradero, bajo costo y compatible con el medio ambiente. Se debe continuar con los estudios a fin de explicar con mayores detalles lo que acontece con estos sistemas de fermentación de bajo costo y operativos en su uso por parte de los productores de cacao.

LITERATURA CITADA.

Álvarez, C.; E. Pérez y M. Lares. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Trop.* 57 (4): 249-256.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2000. Official methods of analysis. 18th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA. Cap. 31. p. 1-17.

Braudeau, J. 1970. El Cacao. Técnicas agrícolas y productores tropicales. Editorial Blumé. Barcelona España. 297 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. 1995. Norma venezolana N° 442. Granos de cacao. Prueba del Corte (Primera Revisión). Fondonorma, Caracas. 6 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. 1998. Norma venezolana N° 50. Granos de cacao. Prueba del Corte (Revisión final). Fondonorma, Caracas. 6 p.

Contreras, C.; L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas y P. Parra. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Trop.* 54 (2): 219-232.

Cros, E. and N. Jeanjean. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, recherche, développement* 24: 25-27.

Cros, E.; F. Villeneuve et J. Vincent. 1982. Recherche d'un indice de fermentation du cacao. Evolution des tanins et des phénols totaux de la fève. *The Café, Cacao* 26 (2): 104-114.

Enríquez, G. A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Costa Rica. 239 p.

Enríquez, G. A. 1989. Resúmenes de los trabajos de fermentación del CATIE del Proyecto PIPA (MAG-CATIE) en Costa Rica. Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología en Cacao. p. 219-232.

Fowler, M. 1994. Fine for flavours cocoas. Current position and prospects. *Cocoa Grower's Bull.* 48: 17-23.

Girón, C.; P. Sánchez, A. Castillo, R. González. y A. Valera. 2007. Selección y rescate de cacao en Barlovento, Estado Miranda, Venezuela. *Plant Genetic Resources Newsletter.* 152 p.

Graziani de Fariñas, L.; L. Ortiz, N. Álvarez y A. Trujillo de Leal. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de Madera. *Agronomía Trop.* 53 (2): 175-187.

Hardy, F. 1961. Manual del cacao. IICA-Turrialba, Costa Rica. 436 p.

- Hernández, A. 1975. Apuntes complementarios de la cátedra del cultivo de cacao. Cultivos tropicales. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 96 p.
- Izquierdo, M. A. R. 1998. Determinación de contaminación con cadmio en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) y su posible origen en la región de Barlovento, Estado Miranda. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 250 p.
- Jinap, S. and P. Dimick. 1990. Acid characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *J. of Food Sci.* 55 (2): 547-550.
- Jinap, S. and P. Dimick. 1994. Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 65: 67-75.
- Lemus, M.; L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo de Leal. 2002. Efecto del mezclado de cacaos tipos criollo y forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. *Agronomía Trop.* 52 (1): 45-58.
- Liendo, R. J. y C. R. Marín. 2006. Prácticas poscosecha y de almacenamiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado Miranda. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 23: 342-355.
- Luna, F.; D. Crouzillat, L. Cirou and P. Buchelli. 2002. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. *J. Agric. Chem.* 50: 3527-3532.
- Meyer, B.; M. Biehl, Bin Said and R. Samarakoddy. 1989. Post-harvest pod store: A method for pulp preconditioning to impar strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *J. Sci. Food Agric.* 48: 285-304.
- Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT). 2009. Dirección de información y estadística. Caucagua, Estado Miranda. Venezuela. p. 76.
- Montero, G. 1989. Tiempo óptimo de fermentación de cacao en cajones grandes. Memoria, Seminario regional sobre tecnología poscosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica. p. 20.
- Nogales, J.; L. Graziani de Fariñas y L. Ortiz de Bertorelli. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop.* 56 (1): 5-20.
- Ortiz de Bertorelli, L.; G. Camacho y L. Graziani de Fariñas. 2004. Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agronomía Trop.* 54: 31-43.
- Ortiz de Bertorelli, L.; L. Graziani de Fariñas y R. L. Gervaise. Influencia de varios factores sobre las características del grano de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía Trop.* 59 (2): 119-127.
- Pérez, E.; C. Álvarez y M. Lares. 2002. Caracterización física y química de granos de cacao fermentado, seco y tostado de la región de Chuao. *Agronomía Trop.* 52 (2): 161-172.
- Portillo, E. 2000. Influencia de la fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Tesis de maestría. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 147.
- Portillo, E.; L. Graziani de Fariñas y E. Betancourt. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) *Revista de la Facultad de Agronomía.* 22 (4): 1-11.
- Powell, B. 1981. Calidad de las almendras de cacao. Necesidades del fabricante. *El Cacaotero Colombiano* 20: 24-31.
- Puziah, H.; S. Jinap, K. S. Sharifah and A. Asbi. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *J. Sci. Food Agric.* 78: 543-550.
- Puziah, H.; S. Jinap, K. S. Sharifah and A. Asbi. 1999. Effect of drying time, bean depth and temperature on free amino acid, peptide-N- sugar and pirazine concentrations of Malasyan cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 79: 987-994.

- Reyes, H. y C. L. De Reyes. 2000. El cacao en Venezuela. Moderna Tecnología para su cultivo. Edit. Chocolates El Rey, Caracas, Venezuela. 270 p.
- Sánchez, P. 1988. Barlovento: consideraciones y proposiciones agronómicas. M.A.C. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Venezuela. 53 p.
- Samah, O.; N. Ibrahim, U. Alimon and M. K. Abdul. 1993. Comparative studies on fermentation products of cocoa beans. World J. Microbiol. Biotech. 9: 381-382.
- Schawn, R. 1990. Microbiología de la fermentación del cacao: Estudio para mejorar la calidad CEPLAC/CEPEC/SETEA. Cp 07; 45600-000, Itabuna, Bahia, Brasil. Agrotropica 2 (1): 22-31.
- Serra, J. and F. Ventura. 1997. Parameters affecting the quality of processed cocoa powder: acidity fraction. Z Lebensm Unters Forsch A. 204: 287-292.
- Senanayake, M.; E. Jansz and K. Buckle. 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. J. Sci. Food Agric.6: 461-465.
- Stevenson, C.; J. Corven y G. Villanueva. 1993. Manual para el análisis de cacao en el laboratorio. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Red Regional y Transferencia de Tecnología en Cacao. San José de Costa Rica. p. 66.
- Tomlins, K.; D. M. Baker, P. Daplyn and D. Adomako. Effect of fermentation and drying practices on the chemical and physical profiles of Ghana cocoa. Food Chem. 46 (3): 257-263.
- Torres, O.; L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo. 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre las características del grano en fermentación. Agronomía Trop. 54 (4): 481-495.
- Vargas, V.; J. Soto y G. Enríquez. 1989. Métodos de fermentación de cacao para pequeños productores en seis localidades de Costa Rica. Pruebas de calidad. La: Memoria. Seminario regional sobre tecnología poscosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 de julio. Turrialba, Costa Rica. p. 147-161.
- Wollgast, J. and E. Anklam. 2000. Review on polyphenols in Theobroma cacao: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. Food Research Intern. 33: 423-447.