

CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DURANTE EL SECADO AL SOL DEL GRANO DE CACAO FERMENTADO EN DOS DISEÑOS DE CAJONES DE MADERA¹

Jairo Nogales*, Lucía Graziani de Fariñas*
y Ligia Ortiz de Bertorelli*

RESUMEN

Frutos de cacao, *Theobroma cacao* L., tipo criollo, cosechados en Cuyagua, estado Aragua, fueron desgranados manualmente, fermentados y expuestos al sol para determinar los cambios físicos y químicos que ocurren durante el secado. La fermentación fue realizada por 5 días en cajones cuadrados, rectangulares de madera y el secado por 5 d con 6 horas diarias de exposición al sol en un patio de cemento. Durante el secado, a los granos les fueron medidos algunos índices físicos y las características químicas. Los resultados revelaron un incremento de la temperatura de los granos durante el día, dependiendo de las condiciones ambientales. El índice de fermentación y los parámetros del color L y a_L aumentaron al transcurrir el secado, mientras que b_L se redujo, siendo este último parámetro el único afectado por el diseño del fermentador, cuyo valor fue menor en el cajón cuadrado. La humedad, azúcares totales (AT), acidez total y cenizas disminuyeron y los taninos aumentaron al secar el grano, en cambio el comportamiento de las proteínas y del pH no fue definido. Además, los mayores valores de humedad, AT, pH, proteínas y taninos les correspondieron al cacao fermentado en el cajón cuadrado, fermentador que pareciera ser el más recomendable para el beneficio del cacao. En conclusión, las características químicas variaron en función del tiempo de secado y del diseño del fermentador, en tanto que los índices físicos no fueron afectados por este último factor.

Palabras Clave: *Theobroma cacao* L.; fermentación; secado; índices físicos; características químicas.

¹ Trabajo financiado por FUNDACITE-Aragua y Fonacit.

* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RECIBIDO: octubre 21, 2004

**PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES OF SUN DRIED
COCOA BEANS FERMENTED IN TWO
DESIGNS OF WOODEN BOXES**

**Jairo Nogales*, Lucía Graziani de Fariñas*
y Ligia Ortiz de Bertorelli***

SUMMARY

Cocoa, *Theobroma cacao* L., fruits, criollo type, from Cuyagua, Aragua State, were manually shelled, mass (seeds and pulp) fermented and sun dried in order to determine the physical and chemical changes that occur during the drying process. Fermentation was done during five days in square and rectangular wooden boxes, and drying was conducted for six hours of daily sun exposure during five days. Throughout the drying process certain physical indexes and chemical properties of grains were measured. Results showed an increase of grain temperature during daylight, depending upon environmental conditions. The fermentation index and color parameters L and a_L increased as the drying process progressed, while b_L decreased. Parameter b_L was the only one affected by fermentor design, with a smaller value in the square box. Moisture content, total sugars, total acidity, and ash content decreased while tannin content increased as grain was dried; performance of proteins and pH was not conclusive. The highest values for moisture content, total sugars, pH, proteins, and tannin content corresponded to cocoa beans fermented in the square box; this fermentor seems to be the most suitable for cocoa post-harvest processing. Chemical indexes varied with respect to drying time and fermentor design, while physical characteristics were not affected by the last factor.

Key Words: *Theobroma cacao* L.; fermentation; drying; chemical indexes; physical characteristics.

1 Trabajo financiado por FUNDACITE-Aragua y Fonacit.

* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de química y Tecnología. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RECIBIDO: octubre 21, 2004

INTRODUCCIÓN

La fermentación y el secado son etapas muy importantes en el beneficio del cacao, *Theobroma cacao* L. En la primera etapa se producen reacciones bioquímicas que causan una disminución del amargor y de la astringencia y que dan 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 (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap *et al.*, 1994).

La eliminación del exceso de humedad, que queda en el grano al finalizar la fermentación, es importante porque evita el desarrollo de mohos que deterioran la calidad (Rohan, 1964) y facilita el almacenamiento (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap *et al.*, 1994), manejo y comercialización del cacao. Sin embargo, la reducción de la humedad debe ser hasta valores del 6 al 7%, máximo 8% (COVENIN, 1995), ya que si se reduce demasiado el grano se vuelve muy quebradizo (Rohan, 1964).

El desarrollo de los pigmentos de color marrón, a partir de los compuestos fenólicos, es otra fase relevante del secado, lo cual solamente ocurre en dicha etapa (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap *et al.*, 1994). Además, los precursores del sabor, tales como aminoácidos libres, péptidos y azúcares no reductores pueden presentar algunos cambios químicos asociados con reacciones térmicas (Puziah *et al.*, 1999), lo cual conjuntamente con los cambios bioquímicos, productos de la fermentación, son determinantes de la calidad del cacao beneficiado, constituyendo un factor de peso en su comercialización y en su utilización en la agroindustria.

El secado natural por exposición al sol es comúnmente usado por los productores de las diversas regiones cacaoteras del país, debido a que es un método simple, económico y que permite el manejo de pequeñas cantidades. Entre las desventajas de este método destacan el tiempo que tarda el proceso, la labor requerida, la necesidad de extensas superficies para secar los granos y además su dependencia de las condiciones climáticas (Jinap *et al.*, 1994), condiciones que pueden variar de una zona a otra y en una misma zona durante el año (Ghosh y Cunha, 1975), lo cual, va a influir sobre las horas de exposición diaria al sol y del tiempo necesario para el secado.

En la zona costera del estado Aragua, el secado es realizado en patios de cemento y se ha observado que la textura del piso y la frecuencia de remoción de los granos no influyen sobre las características químicas ni

sobre el color del grano, en cambio si afectan los porcentajes de cáscara, de granos partidos y múltiples (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2004).

El beneficio del cacao en dicha región se ha venido realizando según costumbres culturales transmitidas por generación, con variaciones entre los productores y entre las zonas, sin dar importancia a las buenas prácticas en el manejo agronómico ni en el beneficio, lo que ejerce un efecto desfavorable sobre la calidad del producto final, ocasionando pérdidas.

Entre las operaciones que contempla el beneficio del cacao el secado ha sido la más relegada, de allí la relevancia de su estudio, por lo que el objetivo de este trabajo consistió en evaluar algunos de los cambios físicos y químicos que ocurren en el secado natural al sol del grano fermentado de cacao tipo criollo de Cuyagua, empleando en la fermentación los dos diseños de los cajones de madera mayormente usados en la región costera del estado Aragua (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a), todo esto con el propósito de generar información que sirva de apoyo a los productores de cacao para la obtención de un producto de alta calidad y a los técnicos para considerar posibles mejoras tecnológicas en el secado del cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en Cuyagua, municipio Costa de Oro del estado Aragua, zona que presenta precipitaciones que oscilan entre 467 y 988,7 mm anuales, temperatura promedio anual de 25,66 °C, evaporación de 900 mm con una humedad relativa promedio de 66% (Galviz, 1994). En el ensayo, fueron utilizadas 120 frutos (mazorcas) de cacao tipo criollo, cosechados en forma aleatoria, sanos y maduros y desgranados manualmente 5 días después de la recolección. Para identificar los árboles de cacao se usaron algunos descriptores taxonómicos sugeridos por Bekele *et al.* (1994) y la madurez de los frutos fue establecida utilizando el criterio señalado por González *et al.* (1999).

Fermentación y secado

En la fermentación fueron usados cajones de madera con dos diseños: el rectangular de dimensiones 30x15x10cm (largo x alto x ancho) y el cuadrado de 20x20x20 cm, ambos construidos con madera saqui-saqui, *Bombacopsi quinata* (Jacq) Dugan, y con perforaciones de 0,8 cm de

diámetro en el fondo para permitir la salida del exudado. Los fermentadores fueron llenados equitativamente con la masa de cacao (semillas y pulpa) y cubiertos con un plástico grueso y una lona. El proceso tuvo una duración de 5 d con remoción de la masa a las 24 y 48 h.

Para el secado, la masa fermentada fue extendida sobre un piso de cemento, formando una capa de aproximadamente 2 cm de espesor, la cual fue removida y amontonada cada 2 h al día para facilitar la evaporación del agua. El tiempo de secado fue de 6 h diarias (7 a.m. a 1 p.m.) por 5 d. Al final de cada día, los granos eran recogidos y al enfriarse, tapados y guardados en los mismos cajones de fermentación hasta el día siguiente.

En el ensayo se usó un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones, utilizando un experimento factorial mixto 2x5, donde los factores evaluados fueron el diseño del fermentador a dos niveles (cajón cuadrado y rectangular) y el tiempo de secado a 5 niveles (0, 1, 2, 3 y 5 d), estando constituida la unidad experimental por 2 kg.

Análisis físicos

La temperatura ambiente y la humedad relativa (HR) fueron medidas diariamente con un registrador marca DICKSON. Durante el secado, la temperatura se midió cada día en el centro del pilón formado al amontonar los granos, usando un termómetro calibrado de 0 a $100 \pm 0,1$ °C. El índice de fermentación (ÍF) estuvo calculado de acuerdo con la norma N° 442-78 COVENIN (1978) a los 0, 2 y 5 d de transcurrido el proceso de secado, considerando como granos completamente fermentados aquellos que presentaron color marrón, agrietamiento pronunciado en el cotiledón y color castaño en la radícula (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a).

Para la determinación diaria del color fue utilizado el método indicado por Ortiz de Bertorelli *et al.* (2004) y los resultados expresados en función de los parámetros del color de la escala Hunterlab, en la cual L indica tendencia a la luminosidad (0=negro, 100=blanco), a tendencia al rojo (valores +) y al verde (valores -), b tendencia al amarillo (valores +) y al azul (valores -). El punto final del secado fue establecido de acuerdo con la prueba sensorial de crepitación (Rohan, 1964), la cual se aplicó a partir del 3^{er} d, antes de extender y al recoger los granos en el patio de secado, después de que se enfriaron.

Análisis químicos

Se tomaron muestras del cacao a los 0, 1, 2, 3 y 5 d del secado para efectuar los siguientes análisis según los métodos de la AOAC (1997): Humedad (Nº 931.04); azúcares totales (AT; Nº 925.35); pH (Nº 970.21); acidez total titulable (Nº 942.15); cenizas (Nº 972.15) y proteínas (Nº 970.20) incorporando un desgrasado previo con éter de petróleo por 4 h (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003b). Además fueron determinados los taninos por el método de Folin Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965).

Análisis estadísticos

A los resultados de los análisis, realizados por triplicado, se les aplicó un análisis de varianza, vía paramétrica o no paramétrica según correspondiese, complementado con una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de secado, la temperatura ambiente mostró poca variación entre los días, siendo 30 °C el valor más frecuente (Cuadro 1). Cabe destacar que en el 2^{do}, 3^{ro} y 5^{to} d, la radiación solar fue interrumpida por nubarrones e inclusive con lluvia en el día 3, lo que ocasionó un leve descenso en la temperatura ambiente en horas del mediodía.

En relación con la humedad relativa (HR), se observó una tendencia general a aumentar a partir de las 11 a.m., con excepción del d 3 en el que llovió. La lluvia, temperatura ambiente, HR del aire, velocidad del viento y el número de horas de exposición diaria al sol son factores que afectan la velocidad del secado de los granos de cacao (Ghosh y Cunha, 1975), de forma que la insolación insuficiente, las lluvias repentinas y la disminución en los otros factores causan inconvenientes y retrasos en el proceso.

Durante el secado al sol, la temperatura de los granos fue semejante en los cacaos fermentados con distintos diseños del fermentador, como era de esperarse dado que ambos ensayos se realizaron con las mismas condiciones en cuanto a área, volumen y tiempo de exposición, factores que influyen sobre dicha variable (Cuadro 2), en cambio difirieron a un nivel de significación del 5% entre los días (Cuadro 3), debido a las

variaciones climáticas que ocurrieron durante el secado, alcanzándose el mayor valor en el día 4, día en el que las condiciones ambientales fueron favorables al proceso.

CUADRO 1. Variación de la temperatura ambiente y humedad relativa durante el secado al sol del cacao.

Horas del secado	Días									
	1		2		3		4		5	
	T °C amb	% HR								
7:00am	30	56	29	65	29	71	32	63	30	57
8:00am.	30	65	29	67	29	71	31	61	31	58
9:00am.	28	75	30	66	29	68	30	66	31	61
10:00am.	30	71	30	66	31	63	30	61	30	66
11:00am.	30	71	30	66	30	70	30	62	30	63
12:00pm.	30	73	29	71	29	69	30	64	29	66
1:00pm.	31	73	30	72	30	69	30	68	30	72

En el ÍF se observaron valores superiores al 90% en los granos fermentados por 5 d (Cuadro 2), valores que señalaron una posible sobre fermentación durante el proceso fermentativo (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a), siendo más alto el índice del grano fermentado en el cajón cuadrado, lo que indicó que el diseño del fermentador afectó la fermentación, como consecuencia de las mayores temperaturas que se alcanzaron en la masa fermentante al usar dicho cajón (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a).

En el transcurso del secado, el ÍF aumentó y se obtuvo una alta proporción de granos marrones con un valor final ligeramente mayor en el cacao fermentado en el cajón cuadrado. La variación de este índice durante el secado fue ocasionado por la práctica de amontonar el cacao y colocarlo en los mismos cajones fermentadores cubiertos con un plástico grueso después de la exposición diaria al sol, lo cual prolongó la fase fermentativa durante las tardes y noches, causando un incremento en el

ÍF de 5,65% en el cacao fermentado en el cajón cuadrado y de 5,18% en el rectangular, diferencia que pudiese no ser significativa en la calidad del cacao y que habría que confirmar mediante pruebas sensoriales.

CUADRO 2. Temperatura de los granos e índice de fermentación durante el secado al sol del cacao fermentado en dos diseños del fermentador.

Días de secado	°C Temperatura*		% Índice de fermentación	
	Cajón cuadrado	Cajón rectangular	Cajón cuadrado	Cajón rectangular
0	----	----	92,80	91,75
1	36,0 ± 4,4	35,8 ± 3,4	----	----
2	34,6 ± 0,97	34,5 ± 1,0	97,25	94,25
3	34,3 ± 1,7	34,0 ± 2,0	----	----
4	38,8 ± 3,5	38,3 ± 3,3	----	----
5	36,9 ± 1,2	37,1 ± 0,8	98,04	96,50

* Medias y desviación estándar.

En cuanto al color, los parámetros L y a_L presentaron un comportamiento fluctuante en el tiempo con variaciones a un nivel de probabilidad del 5% entre los días del secado (Cuadro 4), en los cuales se observó un aumento en el d 1, seguido por un descenso y un nuevo aumento en el d 5, mientras que no difirieron entre los cacaos fermentados en los cajones con distinto diseño (Cuadro 5).

En el parámetro b_L se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los días (Cuadro 4) y entre los cacaos fermentados en los dos fermentadores (Cuadro 5), consistentes en un descenso a medida que transcurrió el proceso de secado y en una menor tendencia hacia el color amarillo en el cacao seco fermentado en el cajón cuadrado.

El aumento de la luminosidad y de la tendencia hacia el color rojo, así como la disminución de la tendencia hacia el amarillo en el secado, se pueden relacionar con la formación de pigmentos de color marrón a partir de los compuestos fenólicos en este proceso (Cros y Jeanjean, 1995; Puziah *et al.*, 1999).

CUADRO 3. Temperatura de los granos de cacao fermentados durante el secado al sol.

Días de secado	°C Temperatura de la masa
1	35,9 c
2	34,6 d
3	34,2 d
4	38,6 a
5	37,0 b

Letras distintas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

Durante el secado, la oxidación enzimática de los polifenoles, por acción de la polifenoloxidasas en presencia de oxígeno, y la posterior condensación con las proteínas ocasiona el color pardo de los granos (Puziah *et al.*, 1999).

CUADRO 4. Parámetros del color y características químicas del grano de cacao fermentado durante el secado al sol.

Parámetros del color y características químicas	Días de Secado				
	0	1	2	3	5
L	35,53 c	40,05 a	38,28 b	37,17 b	40,04 a
aL	6,30 c	7,68 a	6,98 b	6,21 c	7,71 a
bL	7,78 a	7,14 b	5,26 d	4,18 e	5,78 c
% Humedad	52,44 a	25,15 b	20,57 c	16,43 d	7,95 e
% Azúc. totales	2,38 a	2,30 b	2,13 c	1,90 d	1,78 e
% Acidez total	0,57 a	0,25 b	0,25 b	0,20 b	0,24 b
pH	5,87 b	5,82 b	5,80 b	6,09 a	5,83 b
% Cenizas	3,91 a	3,63 b	3,66 b	3,67 b	3,60 b
% Proteínas	12,87 b	11,51 c	12,81 b	13,40 ab	14,02 a
% Taninos	0,40 b	-----	0,38 b	-----	0,45 a

Letras distintas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

CUADRO 5. Parámetros del color y características químicas del grano de cacao fermentado en dos diseños del fermentador y secado al sol.

Parámetros del color y características químicas	Diseño del fermentador	
	Cuadrado	Rectangular
L	37,96 a	38,06 a
aL	6,86 a	7,05 a
bL	3,54 b	8,25 a
% Humedad	25,68 a	23,34 ab
% Azúc. totales	2,10 a	2,09 b
% Acidez total	0,27 b	0,33 a
pH	6,09 a	5,57 b
% Cenizas	3,52 b	3,84 a
% Proteínas	13,19 a	12,65 b
% Taninos	0,45 a	0,37 b

Letras distintas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

Al comparar con la bibliografía se observó coincidencia con los valores obtenidos con anterioridad (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2003) para L (40,40) y b_L (5,46) en cacao de Cumboto, estado Aragua, fermentado y secado al sol por 4 d con remoción cada 0,5 h, en tanto que difirieron de los valores 33,06 de L, 14,97 de a_L y 15,14 de b_L hallados por Bonaparte *et al.* (1998) en cacao de St. Lucia, Indias Occidentales, fermentado y secado al sol por 5 d, discrepancia que podría atribuirse al uso de materiales de cacao y metodologías distintas.

Las características químicas del grano de cacao fermentado variaron significativamente ($P < 0,05$) durante el transcurso del secado (Cuadro 4). La humedad descendió y la mayor pérdida de este componente ocurrió el 1^{er} d del proceso, en el cual la reducción fue de 52,04%. En la siguiente fase de secado (entre los d 2 y 5) la disminución fue gradual, hasta alcanzar, en el 5^{to} d, un valor coincidente con el rango (6-8%) establecido por COVENIN (1978) como requisito de calidad y requerido por los

mercados internacionales para la comercialización del cacao. La humedad obtenida al final del secado es apropiada porque impide el crecimiento de hongos en el almacenamiento y que el grano se quiebre fácilmente (Rohan, 1964).

Durante el secado al sol del cacao, la velocidad promedio del descenso de la humedad en el grano es función del número de días de secado y varía considerablemente según las condiciones climáticas imperantes al exponer los granos al sol, dependiendo de la temperatura ambiente y velocidad del viento (Ghosh y Cunha, 1975), puesto que el calor y el movimiento del aire contribuyen a la remoción de la humedad (Jinap *et al.*, 1994). En este proceso, la pérdida de agua es gradual y continua (Jinap *et al.*, 1994; Ghosh y Cunha, 1975; Dias y Ávila, 1993).

El contenido de los AT también mostró una disminución a medida que se desarrolló el secado (Cuadro 4). Durante este proceso continúan los cambios químicos y bioquímicos que se inician en la fermentación de los granos y el contenido de los azúcares reductores (AR) es, en parte, reducido por su participación en las reacciones de oscurecimiento no enzimático, esto es en las reacciones de Maillard, para formar fracciones volátiles de pirazinas (Cros y Jeanjean, 1995; Puziah *et al.*, 1999). Esta reacción, que es favorecida por las altas temperaturas, también ocurre cuando éstas son bajas (30-50 °C), ya que cuando el secado procede lentamente, el período de actividad de agua (aw) durante el cual las condiciones para la reacción de Maillard son óptimas es más largo (Cros y Jeanjean, 1995). Por otra parte, la concentración de sacarosa es disminuida por hidrólisis enzimática, reacción que continúa hasta que la enzima invertasa es inactivada por el incremento de la temperatura y la pérdida de humedad (Puziah *et al.*, 1999).

La acidez total de los granos disminuyó en el 1^{er} d de exposición al sol del cacao, en el que se redujo en 56,14%, permaneciendo constante en los días restantes (Cuadro 4). La reducción de la acidez de los granos, coincidió con el mayor descenso de la humedad. Al respecto, varios investigadores observaron que conjuntamente con la pérdida de agua que se produce durante el secado, ocurre una merma de la acidez, específicamente de los ácidos volátiles y libres (Dias y Ávila, 1993). Esta disminución de la acidez es favorecida cuando el secado procede lentamente (Dias y Ávila, 1993) y se establece un balance entre las velocidades de evaporación del líquido en la testa y de la difusión de los líquidos del cotiledón (Jinap *et al.*, 1994).

Respecto al pH, se observó un comportamiento variable durante el secado, de forma que permaneció constante hasta el d 3, en el que aumentó levemente, para luego descender a un valor estadísticamente igual al de los primeros días (Cuadro 4). Al final del secado, el cacao presentó un pH que cayó en el rango (5,50-5,80) fijado por Jinap y Dimick (1990), según el cual incluyen a Venezuela dentro del grupo de países con cacao de alto pH. Este parámetro presenta una alta correlación (-0,94) con la acidez titulable (Jinap y Dimick, 1990), la cual es considerada como un mejor indicativo de la acidez que el pH (Jinap *et al.*, 1994).

En la concentración de cenizas se detectó un leve descenso en el 1^{er} d de secado, a partir del cual se mantuvo constante hasta el final del proceso (Cuadro 4). Esta disminución pudiese estar relacionada con la mayor eliminación de agua en ese lapso, la cual difunde a través de los poros al medio, arrastrando consigo a minerales hidrosolubles, lo cual también ha sido observado en estudios sobre secado del café (Suárez, 2003). En el resto del tiempo del proceso, la pérdida por difusión de los minerales es limitada por la disminución de la velocidad de reducción de la humedad en el secado.

El porcentaje proteico varió sin mostrar una tendencia definida en el transcurso del proceso. En el d 1 disminuyó y en los d 2 y 5 aumentó, incremento que podría deberse a variabilidad de las muestras. En el secado, la proteólisis que se inicia en la fermentación continúa, siendo favorecida la actividad de la proteínasa aspártica y de la carboxipeptidasa por las temperaturas (36-42 °C) alcanzadas durante la exposición al sol. Estas enzimas originan aminoácidos hidrofóbicos libres y péptidos hidrofílicos e hidrofóbicos, cuya concentración desciende rápidamente al aumentar la temperatura durante el secado (Puziah *et al.*, 1999).

Los aminoácidos libres disminuyen como consecuencia de la degradación de Strecker, que ocurre en la reacción de Maillard, y por su participación en las reacciones de condensación proteína quinona (Brito *et al.*, 2000; Puziah *et al.*, 1999). Además, estos aminoácidos pueden formar aminas y los péptidos dicetopiperazinas por degradación térmica (Puziah *et al.*, 1999).

En relación con los taninos se observó una permanencia constante los primeros días del secado y un incremento en el día 5 (Cuadro 4). En este proceso, los polifenoles son oxidados por la acción de la polifenoloxidasas

en presencia del oxígeno, cuyos productos, al ser polimerizados por reacciones de condensación proteína quinona, ocasionan el desarrollo del color marrón de los cotiledones que es uno de los efectos más importantes del secado (Puziah *et al.*, 1999). Esta reacción de oxidación, debida a la penetración por difusión del oxígeno en los cotiledones durante la desecación (Rohan, 1964), es afectada por la velocidad del proceso, siendo favorecida cuando el secado se realiza lentamente (Dias y Avila, 1993).

Los resultados de las características de los granos secos de cacao fueron distintos de los obtenidos en estudios previos en cacao de Cumboto (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2003) en los cuales se encontró un contenido superior de taninos (0,80%) y de acidez total (1,08%) y un pH inferior (4,84). Así mismo, difirieron de los valores de acidez total (0,128 meq NaOH/g muestra) y pH (5,49) obtenidos por Jinap y Dimick (1990) para cacaos fermentados y secos procedentes de Venezuela y de los de Bonaparte *et al.* (1998) para cacao de St. Lucia (20,72 meq NaOH/g 100g y pH de 4,89). Esta discordancia en los valores posiblemente se deba a la utilización de distintos materiales de cacao y procesos.

Respecto a las características químicas, del grano de cacao fermentado en cajones con distintos diseños y secado al sol, la prueba de medias de Duncan mostró diferencias a un nivel de significación del 5%, presentando los mayores valores de humedad, AT, pH, proteínas y taninos el cacao proveniente del cajón cuadrado (Cuadro 5).

Estos resultados, podrían estar relacionados con la mayor temperatura que se alcanzó en la masa de cacao durante la fermentación en dicho cajón, en el cual se logra un mejor aislamiento por su menor área de exposición (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a). Esta temperatura más alta, en la masa fermentante de cacao, causa una aceleración de las reacciones de fermentación con un aumento de la actividad proteolítica (Puziah *et al.*, 1999). Evidentemente, el tipo de fermentador usado en el proceso influye sobre la fermentación, según el cual las reacciones químicas involucradas pueden ser retardadas o aceleradas (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a; Vargas *et al.*, 1989), siendo también afectado el secado por su estrecha relación con el proceso fermentativo. Por lo cual concordando con resultados previos, el cajón cuadrado podría ser considerado como el diseño mas eficiente para beneficiar el cacao (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a).

CONCLUSIÓN

- Las características químicas variaron en función del tiempo de secado y del diseño del fermentador usado en el proceso, mientras que los índices físicos sólo fueron afectados por este último factor.
- La temperatura del grano dependió de las condiciones ambientales. El $\bar{I}F$ y los parámetros del color L y a_L aumentaron durante el secado, en tanto que b_L se redujo, siendo este último parámetro el único afectado por el diseño del fermentador, con un menor valor en el cajón cuadrado.
- La humedad, azúcares totales, AT y cenizas disminuyeron y los taninos aumentaron al transcurrir el secado, en cambio el comportamiento de las proteínas y del pH no fue definido, correspondiéndole los mayores valores de humedad, AT, pH, proteínas y taninos al cacao fermentado en el cajón cuadrado, fermentador que pareciera ser el más recomendable para el beneficio del cacao.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Empresa Campesina Cuyagua el suministro de las muestras y al señor Venancio Martínez la colaboración prestada.

BIBLIOGRAFÍA

- ASSOCIATION OF THE ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1997. Official methods of analysis. 16th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA. 1997. Cap. 31. p. 1-17.
- BEKELE, F., A KENNEDY, C. Mc DAVID, F. LAUCKNER and I. BEKELE. 1994. Numerical taxonomic studies on cacao (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. Euphytica. 75(39):231-240.
- BONAPARTE, A., Z. ALIKHANI, C. MADRAMOOTOO and V. REGABAN. 1998. Some quality characteristics of solar dried cacao beans in St. Lucia. J. Sci. Food Agric. 76:553-558.
- BRITO, E., N. PEZOA, M. GALLAO, A. CORTELAZZO, P. FEVEREIRO, M. BRAGA. 2000. Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation, drying and roasting. Sci. Food Agric. 81:281-288.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 1995. Norma venezolana N° 50. Clasificación de lotes de granos de cacao de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 5 p.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 1978. Norma venezolana N° 442-78. Prueba de corte. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 4 p.

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

DIAS, J. and M. AVILA. 1993. Influência do sistema de secagem na acidez das amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.). *Agrotrópica*. 5(1):19-24.

GALVIZ, I. 1994. Estudios de los aspectos sociales, económicos, técnicos y agropecuarios de los pequeños productores de Cuyagua, estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Ven.Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 67 p.

GHOSH, B. and J. CUNHA. 1975. Effect of season on sun drying of cocoa beans in Brazil. *Turrialba*. 25(4):396-403.

GONZÁLEZ, F., L. ORTIZ de BERTORELLI, L. GRAZIANI de FARIÑAS, E. MONTEVERDE-PENSO. 1999. Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) *Rev. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía*. 25(2):159-171.

GRAZIANI de FARIÑAS, L., L. ORTIZ de BERTORELLI, N. ÁLVAREZ y A. TRUJILLO. 2003a. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop*. 53(2):175-187.

GRAZIANI de FARIÑAS, L., L. ORTIZ de BERTORELLI y P. PARRA. 2003b. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Trop*. 53(2):133-144.

JINAP, S. and P. DIMICK. 1990. Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *J. Food Sci.* 55 (2):547-550.

JINAP, S., J. THIEN and T. YAP. 1994. Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 65:67-75.

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.* 53(4):31-44.

PUZIAH, H., S. JINAP, M. KHARIDAH and A. ASBI. 1999. Effect of drying time, bean depth and temperature on free amino acid, peptide-N sugar and pyrazine concentrations of Malaysian cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 79:987-994.

ROHAN, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.

SINGLETON, V. and J. ROSSI. 1965. Determination of tannins in wines. *J. Enology and Viticulture.* 6(3):114.

SUÁREZ, M. 2003. Estudio de algunas variables del beneficio húmedo ecológico que influyen sobre la calidad del grano de café verde. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 132 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS (SAS). 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA. 1 028 p.

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. **In:** Memoria. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. Turrialba. Costa Rica. p. 147-161.