

Características físico-químicas de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela

Racely E. Sánchez G.¹, Pablo García L.¹, Satfel Dugarte², Deith Mendoza²,
Carlos Rivas-Echeverría³

Postgrado de Biotecnología de Microorganismos, Laboratorio BIOMI - Sixto David Rojas.
Facultad de Ciencias Biológicas, ULA¹

Mérida, Venezuela

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA). Campo Experimental San Juan de
Lagunillas²

Mérida, Venezuela

Departamento de Farmacoterapéutica. Facultad de Farmacia, ULA³

Mérida, Venezuela

racelysanchez@gmail.com, satfeldugarte@hotmail.com, rivasecheverria@gmail.com

Fecha de recepción: 08/06/2016

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 2 – 15

Resumen

Se determinaron las características físicas y químicas de los granos de cacao provenientes de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa), y Zulia (vía Santa Bárbara) de la República Bolivariana de Venezuela. Cada cacaotera de los cuatro estados llevó a cabo la fermentación según metodología propia, y se obtuvo variabilidad en los resultados, destacándose los granos Criollos del Estado Zulia como los de mayor volumen (1,76 cm³), acidez (6,15 mg/g de muestra), pH (5,24) y grasas (66,7 %) en granos tostados; mientras que los de mayor índice de almendras (1,39 g), testa (19,47 %) y humedad (5,10 %) fueron los granos del estado Aragua. La variabilidad en los resultados es debido a la variabilidad genética, factores climáticos de cada localidad, y las diferentes técnicas de fermentación y secado aplicadas; aun así, el porcentaje de fermentación y humedad fue buena en todos los granos. Los parámetros estudiados son considerados por los fabricantes de productos chocolateros al momento de seleccionar los granos de cacao, en virtud de obtener productos de calidad y a menor costo de procesamiento.

Palabras clave: fermentación, secado, tostado, acidez, grasas, humedad, índice de almendra, testa, *Theobroma cacao*.

Introducción

Venezuela aporta al Mercado Mundial baja cantidad de granos de cacao, pero forma parte de un reducido y exclusivo grupo de productores de cacao fino de aroma, que es el más apreciado del Mercado; y el que está en permanente déficit de producción. La calidad del cacao venezolano ha sido reconocida internacionalmente durante siglos, hasta convertirse, varios de sus tipos, en sinónimo de máxima calidad; tales como Chuao y Porcelana [1].

Las plantas de cacao pertenecen al género *Theobroma* de la familia *Malvaceae*, en la cual de las 22 especies conocidas de *Theobroma*, la única que se cultiva con miras a la producción industrial y comercial es el *Theobroma cacao* L. [2, 3]. La fermentación de semillas de cacao es de gran importancia en la contribución a la calidad del chocolate y numerosos estudios están siendo conducidos por diferentes países para determinar los procedimientos adecuados de post-cosecha (fermentación, secado, tostado) y especies microbianas asociadas con este proceso para obtener granos de cacao de calidad, que al convertirlo en chocolate, sea agradable al olfato y al paladar [4, 5, 6, 7].

Los fabricantes de chocolate, para la selección de granos de calidad, toman en cuenta características físicas y químicas; tales como: el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca, acidez, humedad y el sabor final del grano. Estos parámetros son frecuentemente monitoreados por los fabricantes en los granos de cacao después de la fermentación, secado y tostado para evitar sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia, que afectan la calidad final del producto [6, 8].

En la práctica, los métodos de fermentación varían mucho de una zona productora a otra; por el tipo de fermentador [9], el cual pueden ser cajas de madera, saco de yute, tinas plásticas, en montón y el tiempo de fermentación el cual varían entre tres a siete días [9, 10, 11]. El secado por lo general es al sol, y no se rigen por ningún protocolo sino por las costumbres de los agricultores y la disponibilidad de infraestructura para su ejecución. Sin embargo, el buen sabor y aroma no solo depende de la manera como se realice el proceso de la fermentación, secado y tostado, sino además de la variedad del árbol de cacao que proporciona los granos [12, 13, 14, 15].

Con el propósito de comparar los perfiles de calidad de diferentes granos de cacao provenientes de diferentes cacaoteras de la República Bolivariana de Venezuela, el presente estudio describe las características físico-químicas de granos de cacao sin fermentar, fermentados y tostados de cacaoteras ubicadas en Chuao del estado Aragua, Tucaní del estado Mérida, Tapipa del estado Miranda y vía a Santa Bárbara del estado Zulia.

Metodología

Se utilizaron 1000 g de muestras de granos de cacao sin fermentar, fermentados y tostados, provenientes de cuatro estados de la República Bolivariana de Venezuela, en donde se producen granos de cacao. Las localidades de donde provienen son: Chuao del estado Aragua (Empresa Campesina Chuao) cuyas coordenadas geográficas son 10°29'36" N, 67°31'38" W, altitud 254 msnm, temperatura media anual 25,5°C; Tucaní del estado Mérida (Finca Pedregal) a

80°34'45" N, 71°13'30" W , 170 msnm, 25°C; Tapipa del estado Miranda, a 10°13'14.1" N, 66°17'57.5" W, 38 msnm, 28 °C; Santa Bárbara del estado Zulia, a 8°43'27" N, 71°44'33" W, 50 msnm, 28°C.

Las muestras fueron fermentadas según la costumbre de cada cacaotera, descritas a continuación: (1) Estado Aragua (Empresa Campesina Chuao), cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de agosto del año 2013, árbol de variedad Chuao. Fermentación fue llevada a cabo por 7 días, con volteo cada 48 horas de la masa fermentativa, en cajones de madera tipo cidra, de dimensiones aproximadas de 2,30 × 1,40 × 1 m, dentro de una instalación cerrada destinada para fermentación, donde la temperatura de 29°C permanecía constante. El secado fue llevado a cabo de manera natural (sol) y extendido sobre el suelo, el cual posee grados de rugosidad característicos destinados para dicho fin, (2) Estado Mérida (Finca Pedregal), cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de mayo del año 2014, árbol de variedad Híbrido (Sur del Lago). Fermentación fue llevada a cabo por 5 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera, de dimensiones aproximadas de 0,95 × 0,56 × 0,72 m, ubicadas en una instalación de techos de zinc donde las temperaturas fluctúan según la temperatura ambiental. (3) Estado Miranda, cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de junio de 2013, árbol de variedad Híbrido. Fermentación fue llevada a cabo por 7 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera, de dimensiones aproximadas de 0,70 × 0,60 × 0,65 m, dentro de un galpón amplio y cerrado. (4) Estado Zulia, específicamente Caserío km 41, Estación Corpozulia, cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de julio del año 2014, árbol de variedad Porcelana. Fermentación fue llevada a cabo por 3-4 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera tipo roble, de dimensiones aproximadas de 0,57 × 0,55 × 0,53 m, dentro de un galpón con techo de zinc destinada para la fermentación. Las masas fermentativas de todas las regiones evaluadas fueron cubiertas con hojas de plátano. El proceso de tostado de todas las muestras fue realizado en el INIA-Lagunillas del estado Mérida, a una temperatura de 110°C por 25 min, en estufa Marca Fisher Scientific® Modelo 1022 West Jackson BLVD Chicago ILO 60607-2990.

Los parámetros físicos registrados fueron el tamaño de los granos (largo, ancho, espesor, volumen), peso de 100 almendras, índice de almendra (IA), número de almendras en 100 g, porcentaje de testa (Pt), por el método descrito por Stevenson (1993) [16], el porcentaje de fermentación por la norma N°50 [17] Y N°442 [18] y entre las características químicas, el pH de testa y cotiledón, acidez volátil titulable, y de grasa por el método descrito por [16], en granos no fermentados, fermentados secos y tostados. Para determinar los porcentaje de humedad de los granos de cacao se tomaron muestras de 100 granos de cacao no fermentados, fermentados y tostados, por triplicado, y se midió la humedad en Equipo Multigrain, Manufactures by Dickey–John Corporation Aurburn, Illinois, VS1, Modelo 462331247.

Luego de tomar las dimensiones del grano se calculó el diámetro promedio de cada grano (Dg) utilizándose la ecuación 1 [19]

$$Dg = \sqrt[3]{LAE} \quad (1)$$

Donde: L , A y E , son las dimensiones ortogonales de largo, ancho y espesor promedio de los granos respectivamente.

El cálculo del volumen de la semilla se realizó mediante la ecuación del volumen del casquete, cuya forma geométrica se asemeja a la de un cotiledón. El volumen multiplicado por 2 es el volumen del grano (Vg), ecuación 2.

$$Vg = 2\pi h^2(Rh/3) \quad (2)$$

Donde: h es la altura del casquete, y en el caso del presente estudio se tomó como el espesor del grano y R es el radio.

El análisis estadístico de los resultados de los promedios de 3 repeticiones, se realizó bajo el paquete estadístico IBM SPSS Statistic versión 22.0.

Resultados y discusión

En el presente estudio se encontraron variabilidad en las características de los granos seleccionados de cada estado, debido a la heterogeneidad en el genotipo de los granos, como los granos de variedad Chuao del estado Aragua, granos Criollos Porcelana del estado Zulia, Híbridos de Porcelana del estado Mérida, y Híbridos del estado Miranda.

Prueba de corte (% de fermentación):

Los granos de cacao de todos los estados manifestaron buenos porcentajes de fermentación (84-99%), siendo menor en los granos del estado Aragua, y mayor en los granos del estado Miranda y Zulia; con coloración típica de granos fermentados de color pardo (Tabla 1). Estos resultados son consistentes a los encontrados en otras investigaciones donde se registran grados mayores de fermentación al 80% según la prueba de corte de calidad [8, 20, 21]. Este índice de fermentación está relacionado con las altas temperaturas alcanzadas durante los procesos fermentativos y la frecuencia de remoción [22, 23]. El desgrane de los granos en el estado Aragua fueron hechos el mismo día del comienzo de la fermentación, por lo que puede estar relacionado al menor porcentaje, ya que se obtiene un mayor índice de fermentación; es decir, un mayor número de granos secos de color pardo al retardar el desgrane post-cosecha [24].

Índice de almendra (IA), Peso de 100 gramos, peso de 100 almendras y porcentaje de testa o cascarilla de granos de cacao:

El índice de almendra de granos fermentados y secos, tiene gran importancia comercial; ya que es un parámetro tomado en cuenta para fijar el precio en el mercado de los granos. El precio directamente proporcional a su índice; es decir, mientras mayor índice de almendra, mayor será el precio en el mercado del mismo [20]. En el presente estudio el grano con mayor IA corresponde a los granos de variedad Chuao del estado Aragua (1,39) (Tabla 1). Con respecto al Pt, aunque

en diferentes estudios se ha establecido una relación inversa entre el IA con el porcentaje de testa (Pt) [16], en el presente estudio no se obtuvo una correlación entre ambas variables en las localidades estudiadas, ya sea directa e inversamente proporcional. Además, ni siquiera se obtuvo el Pt ya establecidas por IA, ya que se obtuvieron Pt superiores a los reportados por otros investigadores (13,57 – 19,47 %) [16, 25]. Estas diferencias pueden ser debido al origen de los cultivos, variedades de cacao de las zonas, proceso de beneficio utilizado y en especial el proceso de tostado [8, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32]. El tostado de los granos por encima de temperaturas de 100 °C durante tiempos comprendidos de 20–40 min, produce cierta migración de la manteca a la testa generando su pérdida [8, 21, 33]. Los granos del presente estudio fueron sometidos a estas condiciones de tostado, por lo que el % de Pt pudo influenciar en el contenido graso.

Tabla 1: Características físicas de las almendras de cacao fermentado, secado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). % de testa, % de fermentación, peso de 100 almendras, índice de almendras, número de almendras en 100 g.

Muestra	% de fermentación*	% de testa	Peso de 100 almendras (g)*	Índice de almendra*	Número de almendras en 100 g*
Edo. Aragua	90±3,2 a,b	19,47±0,6	138,93±12,6	1,39±0,13	97,00±34,8
Edo. Miranda	99±0,57 a	16,07±0,3	118±6,2	1,18±0,062	85,33±4,6
Edo. Zulia	99±0,56 b	13,57±0,4	117,50±8,1	1,18±0,081	91,33±4
Edo. Mérida	92±2,8 a,b	16,83±0,3	105,90±4	1,06±0,04	85,67±5,5

* Promedios seguido de la desviación estándar y letras distintas en la misma columna que señalan datos significativamente diferentes ($P < 0,05$)

El porcentaje de testa (Tabla 1), tiene gran significado en la industria, ya que no tiene ningún uso industrial y es un desecho del proceso para la obtención de productos; por lo que es un parámetro que determina la calidad de los granos de cacao, y varía de acuerdo con el genotipo del cacao en un 6 hasta 16 % [34]. El peso de 100 almendras obtenido (Tabla 1) estuvo dentro del rango para ser catalogados como cacao “Fino”, según las Normas COVENIN N°50 (100–120 g). Estos resultados son similares a los obtenidos en el estudio de granos de diferentes genotipos [23] considerándose como factores determinante de peso, la herencia genotípica de los granos, factores climáticos y fertilidad del suelo. La industria chocolatera exige como mínimo un peso de 1 gramo/semilla, característica que cumplieron todos los granos provenientes de diferentes zonas geográficas [23]; y se podría decir, en vista de los resultados, que hay un reflejo de la buena calidad de los suelos donde se cultivan los árboles de cacao de las diferentes localidades.

Tamaño del grano: Largo (L), ancho (A), espesor (E) y volumen (Vg):

El tamaño de las almendras es un parámetro tan importante en la industria como el IA; y está relacionado a los mismos factores ya mencionados [6, 35, 36]. Las dimensiones de las semillas variaron entre los tipos de cacao estudiados (Tabla 2) revelando características propias de cada semilla, siendo la más redondeadas los granos criollos del estado Zulia, y las más aplanadas y alargadas los granos híbridos del estado Miranda. Los resultados de este estudio son similares a los obtenidos por otros investigadores, quienes señalan para las semillas de cultivares de cacao criollos tamaños mayores a otras variedades, con dimensiones aproximadas de 2,40-2,42 cm de largo, 1,36 – 1,40 cm de ancho y 0,81-1,02 cm de espesor [20, 37, 38, 39], mientras que variedades forastero y trinitarios han mostrado dimensiones de 2,2-3,2 cm de largo, 1,1-3,6 cm de ancho y 0,6-1,3 cm de espesor [23, 36, 40].

Tabla 2: Características físicas de las almendras de cacao fermentado, secado y tostado de los estados Aragua (Chua), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Dimensiones de los granos.

Muestra	Tamaño del grano*			
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Volumen (cm ³)
Edo. Aragua	2,251±0,254 a,b	1,257±0,164 a,c	0,809±0,157 a	1,63±0,614 a,b
Edo. Miranda	2,408±1,960	1,174±0,128 a,b,c	0,772±0,132 a,b	1,47±0,618 a,b
Edo. Zulia	2,337±0,291 a,b	1,326±0,158 a,b,c	0,823±0,183 b,c	1,76±0,67 a
Edo. Mérida	2,13±0,34 b	1,29±0,15 c	0,82±0,19 c	1,65±0,59 a,b

* Promedios seguido de la desviación estándar y letras distintas en la misma columna que señalan datos significativamente diferentes (P <0,05)

El tamaño de la semilla es un carácter genético y por lo tanto heredable, que podría afectarse por su posición dentro del fruto. Pero por otra parte, los valores de las dimensiones promedio de las semillas de cacao están relacionados con el índice de hinchamiento de un cacao bien fermentado, ya que a medida en que se desarrolla el proceso fermentativo los granos aumentan de tamaño, y durante el proceso de secado disminuye nuevamente [23]. Con respecto a la homogeneidad, los granos de cacao de cada localidad fueron en general uniformes, presentando bajo índice de varianza entre las dimensiones promedio de los granos (valores no mostrados); importante característica, ya que mejora la eficiencia de limpieza, selección y clasificación del cacao durante el procesamiento en la fábricas chocolateras; ya que los equipos se basan en el tamaño uniforme de los mismos, para separar el material extraño que puedan estar mezclado con los granos, a través de métodos que implican la fuerza de gravedad, vibración o aspiración [41].

pH y acidez total titulable:

Con respecto a la acidez total titulable, representado en un 90 % por el ácido acético, fue de concentraciones entre 2,64 – 3,98 mg/g en muestras de granos no fermentados; y posteriormente

al proceso de fermentación, esta concentración aumentó a valores entre 7,23-13,74 mg/g. Esto fue debido a su producción por los microorganismos (bacterias ácido acéticas principalmente), durante la degradación de la pulpa, y su difusión dentro del cotiledón, aumentando su acidez; el cual se volatiliza en gran parte durante el secado y el tostado como es reflejado en este estudio, donde los niveles de acidez disminuyen a valores de 2,39 – 6,16 mg/g en el tostado (Tabla 3 y 4). El aumento de la acidez posterior a la fermentación y la disminución posterior al tostado es un reflejo de la calidad del proceso fermentativo. Los valores de acidez es un parámetro importante para la industria; ya que niveles altos de ácido altera la calidad final del producto y aumenta los costes de producción [42, 43, 44, 45]. En los valores de pH determinados tanto en testa como en el cotiledón, fueron variables entre los estados de donde provinieron y entre las distintas etapas del procesamiento del grano (no fermentado, fermentado y tostado); en los cuales se destacan los granos del estado Aragua como los granos con menor pH, y entre los de mayor pH los granos Criollos del estado Zulia, tanto pH de testa como cotiledón. En la Tabla 3, se muestra las relaciones estadísticamente significativas entre los pH de las diferentes localidades. Los valores promedio de pH determinados han sido concordante con otros estudios [21, 23, 33, 46]. La variabilidad entre los pH de los distintos granos está relacionado con la variabilidad genética del árbol, método de secado y acumulación de agua en los cotiledones. Los valores finales de pH en cotiledón, mayor o igual a 4,5 son favorables para la formación del aroma cacao; mientras que valores inferiores la perjudican. Estos datos pueden variar entre muestras tomadas en diferentes épocas y años de cosecha, encontrándose diferencias significativas en el valor de la acidez y pH [47, 48].

Tabla 3: Características físicas de las almendras de cacao fermentado, secado y tostado de los estados Aragua (Chuafo), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Dimensiones de los granos.

Muestra	Ph de testa*			Ph cotiledón*		
	No fermentados	Fermentados	Tostados	No fermentados	Fermentados	Tostados
Edo. Aragua	4,31 ± 0,1 a	5,11 ± 0,1 a	4,94 ± 0,02 a	6,16 ± 0,02 a	4,95 ± 0,01 a	4,85 ± 0,01 a
Edo. Miranda	5,06 ± 0,01 a,b	4,94 ± 0,03 b	5,44 ± 0,1 a,b	4,99 ± 0,01 a,b	4,72 ± 0,01 b	4,98 ± 0,01
Edo. Zulia	5,48 ± 0,03 a,b	5,53 ± 0,1 b,c	5,64 ± 0,01 a,c	6,16 ± 0,1 b,c	5,29 ± 0,05 a,b,c	5,24 ± 0,02 a
Edo. Mérida	5,53 ± 0,02 a,b	4,87 ± 0,02 a,c	5,17 ± 0,01 a,b,c	5,44 ± 0,1 a,c	4,97 ± 0,03 c	5,17 ± 0,01 a

* Promedios seguido de la desviación estándar y letras distintas en la misma columna que señalan datos significativamente diferentes (P <0,05)

Porcentaje de grasas:

En este estudio el porcentaje de grasas varió a los reportados en otras literaturas (Tabla 5). El porcentaje de grasa osciló entre 28,3 – 47,6 % en granos fermentados y secos; y 38,3 – 66,7 % en granos fermentados y tostados. Los porcentajes más bajos correspondieron a los granos híbridos del estado Miranda, y los más altos de los granos criollos del estado Zulia. Los niveles altos en granos criollos ya han sido observados en otros estudios incluso a valores similares [21, 32, 49].

Tabla 4: Características químicas de las almendras de cacao no fermentado, fermentado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Ph de testa y cotiledón, y acidez titulable.

Muestra	Acidez (mg CH ₃ COOH/g de muestra) ⁺		
	No fermentados	Fermentados	Tostados
Edo. Aragua	2,84	7,24	2,39
Edo. Miranda	3,59	8,89	4,69
Edo. Zulia	3,98	13,74	6,15
Edo. Mérida	2,65	13,29	3,42

⁺ Datos obtenidos sin triple repetición (no son datos promedios)

Con respecto, al resto de los porcentajes, estuvieron fuera del rango ampliamente reportado en diferentes investigaciones [6, 8, 33]; pero los obtenidos en los granos del Estado Zulia y Mérida, fueron cercanos a los resultados obtenidos en granos del Estado Miranda (46,27-45,42 %), en un estudio realizado por Lares y colaboradores [25]. Por otra parte, hubo diferencias entre el contenido de grasa en granos fermentados secos y los tostados, aunque no disminuyó como se esperaba, por las publicaciones revisadas [25];) a excepción de los granos del Estado Mérida (Tabla 5). La variabilidad en los datos obtenidos son atribuidos, como otras características físico-químicas, a los factores genéticos y ambientales [34]. Los fabricantes no solo prefieren los granos de mayor tamaño, para obtener menos porcentaje de cascarilla, sino también es un parámetro que afecta el rendimiento de grasa; ya que promedios menores de 1g, suministran bajos niveles de contenido graso. Como ya se indicó anteriormente, los tamaños de estos granos son mayores a 1 g, de los cuales se destacan los granos Criollos del estado Zulia como los más grandes y de mayor contenido graso [6, 21].

Humedad:

Se determinó el porcentaje de humedad de granos fermentados secos y tostados de cada estado, encontrándose porcentajes más bajos del 6 % (Tabla 5). El rango de humedad entre todos los estados fueron de 3,17 a 5,47 % en granos fermentados y secos, convirtiéndolos en granos con prolongada vida de almacenamiento y más seguros de comercializar; ya que porcentajes por encima del 8 % tienden a adquirir malos olores y son susceptibles a ser atacados por mohos e insectos, perdiendo su valor comercial y la calidad intrínseca de los granos [2, 50]. Las diferencias de humedad entre las muestras de los diferentes estados, está relacionado con los cambios físicos-químicos durante el tiempo de secado al sol del grano de cacao fermentado. Por ejemplo, en el estado Aragua emplean secado en suelo (3,17 % de humedad en granos secos), y el resto en cajones de maderas retractiles mostrando valores de humedad superior en granos fermentados secos (4,67-5,47 %). Además, existen otros factores que diferencia los métodos de secado utilizados, como intervalo de remoción de la masa, condiciones climáticas imperantes

al exponer los granos al sol, y el número de días de secado; los cuales son dependientes de la temperatura ambiente, y de la velocidad del viento. El calor y el movimiento del aire contribuye a la remoción de la humedad y a la pérdida gradual y continua del agua [23, 45]. Estas diferencias no implica que el patio de cemento usado para el secado y la frecuencia de remoción de los granos tengan influencia significativa sobre otras características químicas, ni sobre el color del grano, pero afecta los porcentajes de cascarilla o testa, y en la cantidad de granos partidos y múltiples como se ha demostrado en otros estudios [51].

Tabla 5: Características químicas de las almendras de cacao no fermentado, fermentado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Ph de testa y cotiledón, y acidez titulable.

Muestra	% humedad*		No fermentados	% grasa ⁺	
	Fermentados	Tostados		Fermentados	Tostados
Edo. Aragua	3,17 ± 0,1	5,10 ± 0,5	41,7	35	43,3
Edo. Miranda	4,67 ± 0,2	5,00 ± 0,4	38,3	28,3	38,3
Edo. Zulia	5,47 ± 0,5	4,97 ± 0,3	45,0	47,6	66,7
Edo. Mérida	5,40 ± 0,3	4,97 ± 0,5	41,7	43,3	38,3

* Promedios seguido de la desviación estándar. Todos las variables de las columnas son significativamente diferentes ($P < 0,05$);

⁺ Datos obtenidos sin triple repetición (no son datos promedios)

Conclusión

Los granos de cacao de los cuatro estados de Venezuela manifestaron buenos porcentajes de fermentación a pesar de las diferencias en el genotipo de los granos, medio ambiente y métodos de fermentación, secado y tostado. La humedad de todos los granos estuvo por debajo de 6 % siendo seguros para el almacenamiento por largo tiempo. El porcentaje de testa fue directamente proporcional al IA, el porcentaje de grasas y tamaño del grano. El cacao criollo manifestó mayor tamaño, porcentaje de grasas, pH mayores e índice de acidez mayor. Todas las variedades estudiadas en el presente estudio tienen pesos por encima de 1 g, cumpliendo con los parámetros de selección como grano de calidad y preferido por fabricantes de productos derivados de cacao. Las características físico-químicas aquí estudiadas, corroboran la importancia comercial de los granos de cacao venezolanos y su ubicación dentro de grupos exclusivos de cacao fino como reflejo de alta calidad.

Agradecimientos

FONACIT – Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación; INIA-Lagunillas; INIA-Miranda; Empresa Campesina de Chuao, Ysora Chávez; Corporación

Socialista de Cacao Venezolano; Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico (CDCHT-ULA) por el financiamiento del Proyecto de Código C-1793-12-03-B; Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE); Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao CESID – Cacao CORPOZULIA; Ing. Mariño Gutiérrez; Ing. José Marrufo; Dr. Clímaco Álvarez; Lic. Joel Navarro; Ing. Iraima Chacón.

Bibliografía

- [1] Pinto, J. (2000). *Calidad y Certificación del cacao venezolano*. Foro “Denominación del Origen y Certificación de calidad”, I Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT), Maracay, Venezuela, Febrero (p. 152).
- [2] Reyes, H. y Reyes, C. (2000). *El cacao en Venezuela*, Moderna Tecnología para su cultivo, 1ra. Ed., Chocolates El Rey, Caracas, Venezuela, pp. 50.
- [3] Stevens, P. (2001). *Angiosperm Phylogeny Website*, disponible en <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>.
- [4] Pinzon, J., Ardila, J. y Rojas, F., (2008). 2da. Ed., *Guía Técnica para el cultivo del cacao*, 3ra. Ed. FEDECACAO, Valle del Cauca, Colombia, pp. 152.
- [5] Cros, E. (2000). *Factores condicionantes de la calidad del cacao*. Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, 15 de Febrero, Maracay, Estado Aragua, Venezuela, pp. 16–32.
- [6] Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT. (1991). Manual De Productos Básicos. 1ra. Ed. *Cacao Fino o de Aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial*. Ginebra. Suiza, pp. 60.
- [7] Ardhana, M. y Fleet, G. (2003). The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology*, 86:87–99.
- [8] Álvarez, C., Pérez, E. y Lares, Y. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 57(4):249-256.
- [9] Grazziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L. y Parra, P. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Tropical*, 53(2):1–11.
- [10] Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M. y Ryan, A. (2008). Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate, A Critical Review. *Critical Reviews in food science and nutrition*, 48:840–857.

- [11] Baker, D., Tomlins, K. y Gay, C. (1994). Survey of Ghanaian cocoa farmer fermentation practices and their influence on cocoa flavor. *Food Chemical*, 51:425–431.
- [12] Martelli, H. (1955). Fermentação do cacao II, 1ra. Ed., *Índices de contrôle, Arquivos de Fermentação*. vol.1, pp. 87–95.
- [13] Martelli, H. (1955). Fermentação do cacao II, 1ra. Ed., *Influência da temperatura e do pH, Arquivos de Fermentação*, vol. 1, pp. 97–102.
- [14] Rigel, L. (2005). Procesamiento del cacao para la fabricación de chocolate y sus subproductos. *Revista de difusión de tecnología agrícola, pecuária, pesquera y acuícola*, 6:2–4.
- [15] Forsyth, W. y Quesnel, V. (1963). The mechanism of cacao curing. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, 25:457–492.
- [16] Stevenson, C., Corven, J. y Villanueva, G. (1993). *Manual para el análisis de cacao en el laboratorio*. IICA. PROCACAO, Costa Rica, pp. 65.
- [17] Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1995). *Granos de cacao, Prueba del Corte. Norma Venezolana N°442, 1ra. Revisión*, Fondo Norma, Caracas, Venezuela.
- [18] Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), *Granos de cacao, Prueba del Corte. Norma Venezolana N°50, 1ra. Revisión. Fondo Norma*, Caracas, Venezuela.
- [19] ASAE, American Society of Agricultural Engineers. (1986) 33rd, Ed. *ASAE Standards S319.1: Method of determining and expressing fineness of feed material by sieving*. MD, EE. UU., pp. 461.
- [20] Angulo, J., Grazziani, L., Ortiz, L. y Parra, Y. (2001). Caracterización Física de la semilla de cacao criollo forastero amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 51(2):203–219.
- [21] Zambrano, A., Romero, C., Gómez, A., Ramos, G., Lacruz, C., Brunetto, Mm., Máximo, G., Gutiérrez, L. y Delgado, Y. (2010). Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Tropical*, 2(60).
- [22] Portillo, E., Graziani de Fariñas, L. y Betancourt, E. (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.*) en el sur del Lago de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 22:394–406.

- [23] Álvarez, C., Tovar, I., García, H., Morillo, F., Snahce, P., Giron, C. y de Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores. *Revista científica UDO Agrícola*, 10(1):76–87.
- [24] Torres, O., Graziani de Fariñas, L. ., Ortiz de Bertorelli, L. y Trujillo, A. (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 tropical*, 54(4):481–495.
- [25] Lares, M., Gutiérrez, R., Pérez, E. y Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del Estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2):439-446.
- [26] Marcano, M. (2009). Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 9(2):458–468.
- [27] Rodríguez, P., Pérez, E. y Guzmán, R. (2009). Effect of the types and concentrations of alkali on the color of cocoa liquor. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89:1186–1194.
- [28] Lares, M. (2006). *Evaluación del perfil de ácidos grasos en la manteca de cacao de Chuao en diferentes etapas del beneficio*. Trabajo de Ascenso para Profesor Asistente, Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela, pp. 110.
- [29] Lares, M. (2007). *Diferenciación, caracterización y composición lipídica de la manteca extraída del cacao en dos de los procesos poscosecha*. Tesis Doctoral. Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, pp. 38.
- [30] Guzmán, R. (2007). *Evaluación de los cambios ocurridos durante el beneficio del cacao (Theobroma cacao L.) a través de parámetros morfo-anatómicos, fisicoquímicos y nutricionales*. Tesis de Maestría, Postgrado Inter-facultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, pp. 73.
- [31] De Brito, E., García, N., Gallao, M., Cortelazzo, A., Fevereiro, P. y Braga, M. (2000). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao L.*) during fermentation, drying and roasting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(2):281–288.
- [32] Liendo, R., Padilla, F. y Quintana, A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cocoa L.* *Food Research International*, 30(9):727–731.
- [33] E. Pérez, E., Álvarez, C. y Lares, M. (2002). Caracterización físico y química de granos de cacao fermentado seco y tostado de la región de Chuao. *Agronomía Tropical*, 52(2):161–172.

- [34] Reyes, H., Vivas, J. y Romero, A. (1999). La calidad en el cacao I. Factores determinantes de la calidad, *in FONIAP DIVULGA N°. 61, Maracay, INIA: Revistas técnicas*:270.
- [35] Bradeau, J. (1970). *El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. 1ra. Ed. Barcelona, España, pp. 297.
- [36] Enríquez, G. y Soria, J. (1968). The variability of certain bean characteristics of cacao (*Theobroma cacao L.*). *Euphytica*, *17*(4):114-120.
- [37] Ortiz de Bertorelli, L. y Graziani de Fariñas, L. (1995). *Caracterización física y química de genotipos de cacao del estado Aragua, Maracay, Venezuela*. Instituto de química y tecnología, Universidad Central, Facultad de Agronomía, pp. 15.
- [38] Sánchez, A. y Tortolero, L. (1996). *Caracterización y establecimiento de un banco de germoplasma de cacao criollo en el litoral Araguëño*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Estación Experimental del Estado Miranda, pp. 25.
- [39] García-Alamilla, P., González-Lauck, V., De la Cruz-Lázaro, E., Lagunes-Gálvez, I. y García-Alamilla, R. (2012). Description and Physical properties of Mexican criollo cacao during post- harvest processing. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *13*(1):58–65.
- [40] Bekele, F., Kennedy, A., David, C., Lauckner, F. y Bekele, I. (1994). Numerical taxonomic studies on cocoa (*Theobroma cacao L.*) in Trinidad. *Euphytica*, *75*(39):231.-240.
- [41] Wollgast, J. y Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocoalte and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, *33*:423–447.
- [42] Luna, F. Cruzillat, D., Cirou, I. y Buchelli, P. (2002). Chemical composition and flavor of Ecuatorian cocoa liquor. *Journal of Agriculture and Chemistry*, *50*:3527–3532.
- [43] Serra, J. y Ventura, F. (1997). Parameters affecting the quality of processed cocoa powder: acidity fractionh. *Z Lebensm Unters Forsch A.*, *204*:287–292.
- [44] Nogales, J., Graziani de Fariñas, L. y Ortiz de Bertorelli, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía tropical*, *56*(1):5–20.
- [45] Jinap, S. y Dimick, P. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *65*:67–75.
- [46] Portillo, E., Labarca, M., Grazziani, L., Cros, E., Assemat, S., Davrieux, F. y Boulager, R. (2011). Influencia de las condiciones del tratamiento poscosecha sobre la temperatura y acidez en granos de cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, *28*(1):646–660.

- [47] Portillo, E. y Portillo, A. (2012). La producción de cacao en el estado Zulia: impacto socioeconómico en los cacaocultores. *Ruta del Chocolate. World Cocoa Foundation*, 28(68):303–323.
- [48] Portillo, A., Portillo, E., Arenas, L., Rodríguez, B. y Chacón, I. (2014). Efecto del año y tiempo de fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 1:699–711.
- [49] Ortiz de Bertonelli, L. Graziani de Fariñas, L. y Gervaise, R. (2009). Evaluación de varios factores sobre caracterización químicas del granos de cacao en fermentación. *Agronomía Tropical*, 59(1):73–79.
- [50] Bradley, R. (2003). *Moisture and Total Solids Analysis*. 3rd, Ed., Food Analysis, Hardcover, USA, pp. 119.
- [51] Ortiz de Bertorelli, L., Camacho, G. y Graziani de Fariñas, L. (2004). Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agronomía tropical*, 54:31–43.