

CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CALIDAD EN ALMENDRAS DE CACAO CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO DURANTE EL PROCESO DE SECADO

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL QUALITY PARAMETERS IN CRIOLLO, TRINITARIO AND FORASTERO COCOA BEANS DURING THE DRYING PROCESS

Alexis Zambrano*, Álvaro Gómez**, Gladys Ramos**, Carlos Romero**, Carlos Lacruz*** y Eliana Rivas**

*Investigador. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Química, Mérida, Venezuela.

Investigadores y *TAI. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Mérida, Venezuela.
Correo electrónico: alexiszve@yahoo.com.

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó con tres tipos de cacao, *Theobroma cacao* L., Criollo (Porcelana, Guasare y Criollo Merideño San Juan-CMSJ) colectados en el estado Mérida; Trinitario (ICS-1) y Forastero (IMC-67xOC-61), cosechados en el estado Aragua, con la finalidad de evaluar la calidad del proceso de secado y el comportamiento físico del grano. Se efectuaron registros diarios de peso, pH y acidez titulable (AT) en las almendras, así como porcentaje de testa y acidez volátil (AV) al final del secado. El protocolo utilizado fue un secado gradual, en gavetas de madera durante 6 d. Los resultados muestran que la pérdida de peso en los tipos evaluados, se ajusta a una función polinomial $Y = a X^m - b X + c$ con un coeficiente de correlación entre 0,96 y 0,99. Con relación a la AT en cotiledones de los diferentes tipos evaluados ($P > 0,001$) y porcentaje de cascarilla, el Criollo Porcelana presentó valores superiores a las demás variedades. La humedad se mantuvo constante en todos los cacaos.

Palabras Clave: *Theobroma cacao* L.; secado; humedad; Forastero; Trinitario; Criollo; postcosecha.

SUMMARY

Three kinds of cocoa were used in this investigation: Criollos (Porcelana, Guasare y Criollo Merideño San Juan) collected in Mérida State; Trinitario: ICS-1 and the Forastero IMC-67xOC-61, harvested in Aragua State. Registrations of Daily weigh, pH and tritable acidity (TA) in the beans percentage of testa (test/head) and volatile acidity (VA) when the dried stage is over were done. The process used was a gradual dried into wooden drawers during six days. The results have shown that the weigh lost in the samples evaluated are set to a polimomial function $Y = a X^m - b X + c$, with a correlation rate between 0.96 and 0.99. About the TA to the cotyledons of the evaluated cocoas ($P > 0,001$), the Criollo Porcelana had higher values than the rest of the cocoas, humidity remained constant in all cocoas and the highest percentage of hulls was cocoa presented Porcelana.

Key Words: *Theobroma cacao* L.; dried; moisture; Forastero; Trinitario; Criollo; postharvest.

RECIBIDO: febrero 02, 2010

ACEPTADO: septiembre 09, 2011

INTRODUCCIÓN

Al finalizar el proceso de fermentación, la humedad de las almendras de cacao, *Theobroma cacao* L., es ligeramente superior al 60% y debe reducirse hasta 8%. Valores inferiores hacen que la cáscara se torne quebradiza, mientras que contenidos de humedad superiores, hacen que el grano de cacao sea susceptible al desarrollo de hongos durante el almacenamiento (Stevenson *et al.*, 1993).

Por otro lado, las almendras después de la fermentación presentan una acidez volátil (AV) del 1%, el cual 9/10 partes son de ácido acético. Este compuesto es de importancia durante la fermentación, pero indeseable en etapas posteriores y pertinente su eliminación durante el secado (Jinap *et al.*, 1994). Es indispensable encontrar condiciones que permitan la disminución adecuada de acidez durante el secado y que se cumpla con las especificaciones requeridas de humedad para asegurar un ambiente óptimo de almacenamiento y evitar contaminación microbiana.

En Venezuela, el cacao es secado al sol mediante protocolos no uniformes que dependen de las costumbres de los agricultores y de la disponibilidad de infraestructura para su ejecución. Existen dos grupos de secadores, los naturales y los artificiales. Los naturales son aquellos donde se utiliza la energía solar, mientras que en los artificiales, la energía requerida la suministran unidades de calor diseñadas con esa finalidad. Los secadores naturales sólo pueden ser utilizados cuando las lluvias no son excesivas y la insolación es suficiente.

La temperatura máxima media que se obtiene durante este proceso es de 55 °C, con la cual no se distorsiona la actividad enzimática del grano de cacao. En el caso de máquinas secadoras, se obtienen temperaturas superiores a 65 °C, que pueden producir inhibición de la actividad enzimática, que es importante dentro de la almendra, donde ocurren reacciones de oxidación que disminuyen el sabor amargo y la astringencia del grano de cacao aunque esto sucede poco durante el secado (Forsyth y Quesnel, 1963).

El proceso de secar las almendras de cacao es una de las etapas del beneficio postcosecha, que debe ser cuidadosamente realizada para garantizar la calidad integral del producto final. El secado es un proceso físico, químico y mecánico, mediante el cual se elimina el exceso de humedad de las almendras, se reduce la AV y se completa la formación del sabor y aroma a chocolate dentro de las mismas (Cros y Jeanjean, 1995). Este proceso debe hacerse en forma lenta y gradual, empezando por pocas

horas de exposición al sol durante los primeros días y aumentar progresivamente hasta la plena exposición en los últimos días.

Con el secado violento, no se logra un secado uniforme debido a la interrupción de la hidrólisis enzimática de las antocianinas generando almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente, a la vez se endurece rápidamente la testa o cascarilla que una vez seca, impide la salida o difusión de los AV que se concentran en la almendra generando granos ácidos (Forsyth y Quesnel, 1963; Biehl *et al.*, 1989).

Entre los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao por los fabricantes de chocolate, se encuentran aspectos físicos tales como, el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad. Por esta razón es importante evaluar dichos parámetros de calidad en cacaos criollos que representan gran interés a los chocolateros tanto artesanales como industriales, debido a los atributos organolépticos que contienen, permitiendo controlar y eliminar sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia que son el resultado de los factores condicionantes de la calidad final de las almendras durante la postcosecha (Álvarez *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar los parámetros de calidad físicos y químicos de las almendras fermentadas provenientes del cacao Criollo, Forastero y Trinitario, durante el proceso de secado y su comportamiento físico en condiciones experimentales y controladas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una masa de almendras de cacao fermentadas durante 3 d para el cacao Criollo (Guasare, Porcelana y Cacao Merideño San Juan-CMSJ), 6 d para el Trinitario ICS-1 y 7 d para el Forastero IMC-67xOC-61. Las muestras se tomaron durante 1 año en dos ciclos de cosecha diferentes y fueron fermentadas en cajas de madera dulce. Las fermentaciones se realizaron en el Campo Experimental San Juan de Lagunillas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Mérida, parcela de localización del cacao CMSJ, en la población San Juan de Lagunillas, municipio Sucre, estado Mérida, situada entre los 8° 28' 30'' y 8° 32' 00'' de latitud norte y entre los 71° 19' 00'' y los 71° 22' 30'' de longitud oeste, a una altitud de 1 150 m.s.n.m. y una temperatura media de 25 °C.

Para cada evaluación se tomaron 10 granos de cacao fermentado, se determinó su peso diario, desde el inicio del proceso de secado hasta el sexto día, momento en el cual alcanzó un porcentaje de humedad adecuado para su almacenamiento. Del mismo modo, fue evaluado diariamente el pH en cotiledones (López y Quesnel, 1973) y AT mediante la metodología de Espín y Armijos (2001). Asimismo, se realizó pruebas de corte para verificar el estado de agrietamiento de los cotiledones, el cambio de color durante el proceso utilizando la tabla Munsell de colores vegetales, porcentaje de cascarrilla (Stevenson *et al.*, 1993) y aspectos físicos de las almendras.

Después de la fermentación, las almendras fueron colocadas en gavetas de madera y expuestas al sol durante 6 d; el 1^{er} d 2 h, el 2^{do} d 3 h, el 3^{er} 4 h, el 4^{to} 5 h, el 5^{to} y 6^{to} d 8 h, hasta alcanzar un 8% de humedad (IOCCC, 1993). En el día se resguardaban de la lluvia y en las noches se protegían de la humedad, sin acumular los granos de cacao. Para que el secado fuese homogéneo los granos se removieron cada hora, utilizando para ello herramientas de madera.

Por último, la determinación de ácidos orgánicos volátiles (Espín *et al.*, 2001), consistió en la remoción de los AV de las semillas de cacao con el uso de un ácido fuerte (H_2SO_4) y destilación por arrastre con vapor. Los ácidos son colectados sobre agua destilada y valorados con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N. Los resultados son expresados en mg de ácido acético por gramo de muestra.

Análisis Estadístico

Para los análisis de varianza y comparación de medias de este trabajo, se utilizó el programa Proc GLM de Statistical Analysis Software (SAS, 1998) en todas las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros diarios para cada tipo de cacao evaluado, permitieron determinar la pérdida de humedad durante el proceso de secado y establecer el final de este. Los valores de porcentaje de humedad remanente en las almendras para cada tipo de cacao en función del tiempo, se valoraron a través de un análisis de regresión y correlación, encontrándose para todas las muestras, un ajuste de la función polinomial (cuadrática) $Y = aX^m - bX + c$ y valores de coeficiente de correlación entre 0,96 y 0,99. Resultados similares obtuvo Nogales *et al.* (2006), al

evaluar los cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado, bajo condiciones climáticas similares a las de este estudio.

En las Figuras 1 y 2, se presenta la pérdida de humedad durante el proceso de secado en el cacao Guasare para las fermentaciones del primer y segundo ciclo de cosecha del estudio; en las mismas se observa la pérdida gradual de humedad la cual desciende hasta 7,5 a 8%, aproximadamente.

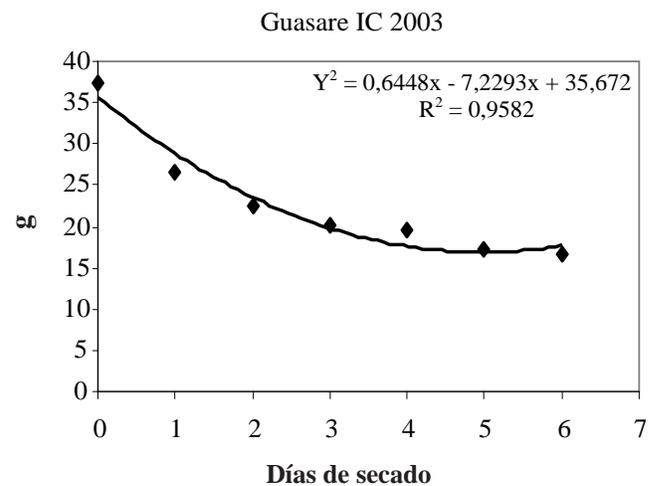


FIGURA 1. Pérdida de humedad del cacao Guasare durante el secado en el primer ciclo de cosecha (año 2003).

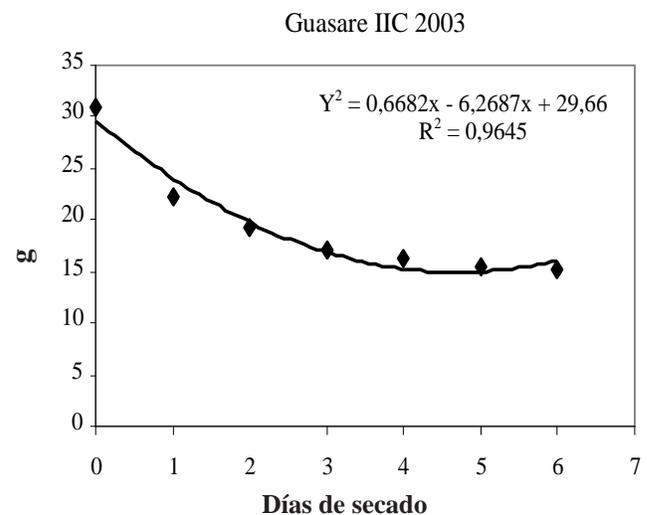


FIGURA 2. Pérdida de humedad del cacao Guasare durante el secado en el segundo ciclo de cosecha (año 2003).

El pH en los cotiledones: Los parámetros químicos evaluados en el proceso de secado demostraron que el pH en los cotiledones no presentó variaciones marcadas, y fluctuó entre 4,6 y 5,1 en un mismo ciclo de cosecha para una $P > 0,001$, tal como se observa en las Figuras 3 y 4 para el cacao ICS-1 e IMC-67xOC-61, respectivamente.

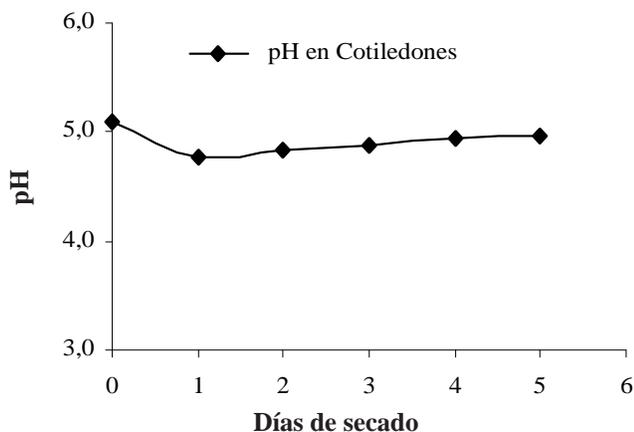


FIGURA 3. Comportamiento del pH en los cotiledones durante primer ciclo de cosecha en el secado del cacao ICS-1 (año 2003).

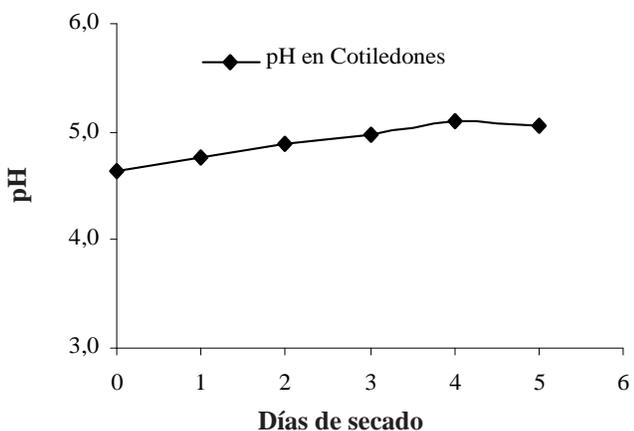


FIGURA 4. Comportamiento del pH en los cotiledones durante primer ciclo de cosecha en el secado del cacao IMC-67xOC-61 (año 2003).

Se encontró diferencias significativas entre ciclos de cosecha de un mismo año y entre los valores de pH al inicio y al final del secado. En todos los casos se observa que la tendencia es a incrementar ligeramente el pH del cotiledón, Jinap *et al.* (2000).

En cuanto a la variación de la acidez durante el proceso de secado, se observó que la misma, en todos los casos evaluados, tendió a incrementarse sin mostrar cambios significativos entre días. Sin embargo, en algunos casos se notó que entre el inicio y final del secado, el incremento fue considerable, tal como se muestra en los Cuadros 1 y 2 para los cacaos IMC-67xOC-61 e ICS-1, respectivamente.

Este fenómeno puede estar ocurriendo debido a que en el transcurso del proceso de secado, la testa de la semilla de cacao se hace cada vez más compacta, evitando de esta manera, la pérdida de ácidos hacia el exterior, lo que hace que dichos ácidos se concentren en los cotiledones.

Este mismo comportamiento fue obtenido por Jinap *et al.* (2000) y Zaibunnisa *et al.* (2000) al evaluar las características de calidad de cacao de Malasia con respecto al beneficio postcosecha. Sin embargo, en esta investigación se encontró que la AT en los cotiledones de los cacaos Criollo fue menor que en el Forastero y Trinitario al final del proceso de secado (Cuadro 3).

CUADRO 1. Acidez titulable (ml de NaOH 0,1N) en almendras de IMC-67xOC-61 durante 5 d de secado.

Repetición	Día				
	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}
I	2,10	2,00	2,20	2,20	2,70
II	2,05	2,05	2,20	2,30	2,50
III	2,25	1,95	2,15	2,25	2,40
IV	2,05	1,95	2,05	2,30	2,80
Promedio	2,11	1,99	2,15	2,26	2,60

CUADRO 2. Acidez titulable (ml de NaOH 0,1N) sobre almendras de ICS-1, durante 5 d de secado.

Repetición	Día				
	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}
I	2,25	2,50	2,80	2,90	3,00
II	2,05	2,40	2,85	2,70	3,00
III	2,35	2,30	2,70	2,60	3,20
IV	2,05	2,40	2,50	2,70	2,90
Promedio	2,18	2,40	2,71	2,73	3,03

CUADRO 3. Promedio de la acidez titulable (ml de NaOH 0,1N) en cacao Criollo, durante 6 d de secado.

Tipo de cacao	Día						
	Inicio	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}
Guasare	1,91	1,62	1,78	1,99	2,02	2,34	1,90
CMSJ	1,93	1,48	1,49	2,00	2,24	2,08	2,03
Porcelana	3,11	2,25	2,27	2,33	2,86	2,44	2,30

CMSJ= Criollo Merideño San Juan.

Por otra parte, se consiguió que el índice de almendra (ÍA) también difiere entre los tipos de cacao ($H = 22,1$; $P = 0,001$). Los menores índices aparecen en el cacao Porcelana e IMC-67xOC-61, que no difieren significativamente entre sí, mientras que los mayores ÍA lo

presentan Guasare, ICS-1 y CMSJ. Porcelana ocupa una posición intermedia en cuanto a su ÍA. Todas las muestras de almendras satisfacen el criterio de número de almendras en 100 g y el ÍA. Las pérdidas de peso fueron más notorias en los materiales del tipo Criollo (entre 50,41 y 58,46 %), mientras que en el Forastero fue alrededor del 47%, esto asociado a un mayor ÍA en los cacaos criollos (Cuadro 4).

En cuanto a la apariencia física de las almendras durante los días de secado se pudo observar que en los cacaos criollos y el ICS-1 permanecían hinchados en todo el proceso y la testa mantenía una textura lisa, mientras que el cacao Forastero mostró un aspecto plano y una textura áspera. El porcentaje de cascarilla varía significativamente entre los tipos de cacao examinados, siendo bajo para los tipos Guasare y CMSJ, intermedio para ICS-1 y alto para IMC-67xOC-61 y Porcelana ($H = 26,9$; $P < 0,001$). El mayor contenido de cascarilla lo presentó el cacao Porcelana y el IMC-67xOC-61.

CUADRO 4. Disminución del peso (g) para muestras de 9 almendras de cacaos (Criollo, Forastero y Trinitario), durante el proceso de secado.

Día de fermentación	ICS-1 IF IC	IMC-67 xOC-61 IF IC	IMC-67 xOC-61 IF IIC	Guasare IF IC	Guasare IF IIC	CMSJ IF IC	CMSJ IF IIC	Porcelana IF IC	Porcelana IF IIC
Inicio									
1	31,80	27,10	25,5	37,37	30,90	34,35	31,47	36,09	35,6
2	23,25	19,60	17,95	26,52	22,35	23,87	21,72	24,04	22,10
3	19,00	16,70	15,35	22,57	19,22	20,77	18,80	19,91	18,70
4	16,95	15,35	14,50	20,02	17,20	17,85	17,00	16,30	17,30
5	16,20	14,90	14,10	19,64	16,17	17,20	15,85	15,61	16,80
6	15,85	14,60	14,00	17,10	15,60	16,67	15,30	15,15	16,50
% peso*	---	---	---	16,75	15,32	16,32	15,12	14,99	---
	49,84	53,5	51,66	44,81	49,59	47,52	48,05	41,54	46,35

* Porcentaje del peso que conservan las almendras entre el primero y último día de secado.

IF: primera fermentación
IIF: segunda fermentación
IC: primera cosecha
IIC: segunda cosecha

Del mismo modo, estas pérdidas fueron mayores durante el 1^{er} ciclo de cosecha en los Criollos y en el 2^{do} ciclo en los Forasteros y Trinitarios, debido a la mayor precipitación registrada en los sitios de colecta de las muestras evaluadas.

En el Cuadro 5 se presentan los coeficientes de correlación para tres tipos de cacao en el período de secado para dos ciclos de cosecha bajo las condiciones climáticas del Campo Experimental San Juan de Lagunillas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida).

De acuerdo a los valores de las pendientes se deduce que la dispersión fue baja, lo que permitió explicar el comportamiento de dichos cacaos a través de la función cuadrática ($Y = aX^2 - bX + c$) para la pérdida de humedad durante el secado.

En cuanto a la AV al final del proceso de secado, el análisis estadístico detectó diferencias a un nivel de significancia mayor al 5%, entre los valores promedios de acidez volátil en los diferentes ciclos de cosecha, en los distintos tipos de cacaos estudiados, posiblemente como consecuencia de la época del año y en menor magnitud debido al material genético (Cuadro 6). Por esta razón, el

proceso de secado debe estar estandarizado de manera de uniformizar la concentración de AV presentes en el cacao, de manera que la calidad también esté determinada por esta característica.

Finalmente, en el Cuadro 7 se encuentra el resultado del análisis físico de las muestras evaluadas después de secado el cacao. Pueden observarse diferencias en los parámetros de los cacaos analizados, posiblemente debido al origen genético de cada material. Respecto a la humedad, se consiguió valores superiores a los obtenidos por Álvarez *et al.* (2007) tanto en muestras comerciales como en sus ensayos realizados. Dicha diferencia puede estar asociada tanto al tipo de cacao evaluado como las condiciones ambientales, no obstante, el cacao presenta un adecuado contenido de humedad.

En este sentido, Ortiz *et al.* (2009) señalan que el almacenamiento del fruto antes del desgrane y la frecuencia de remoción de la masa fermentante ocasiona disminución de la humedad y acidez en el cacao. Presentándose para el cacao Criollo sólo en la humedad, mientras que en el Forastero el pH y la acidez. Sin embargo, si la masa se remueve frecuentemente se produce mucha aireación y un descenso de la temperatura, en consecuencia, disminución de la velocidad metabólica y alta concentración de ácido acético en los granos (Puziah *et al.*, 1998).

CUADRO 5. Términos de la función cuadrática de pérdida de humedad y coeficiente de correlación para tres tipos de cacao durante el secado en dos ciclos de cosecha, bajo las condiciones climáticas en San Juan de Lagunillas Mérida - Venezuela.

Tipo de Cacao	Ciclo de cosecha	a X ²	-b X	c	R ²
Guasare	I	0,6448 X ²	-7,229 X	35,672	0,9582
Guasare	II	0,6680 X ²	-0,2687 X	29,66	0,9645
CMSJ	I	0,6333 X ²	-5,6750 X	25,392	0,9425
CMSJ	II	0,7268 X ²	-6,6768 X	29,907	0,9492
Porcelana	I	0,9955 X ²	-9,0218 X	34,422	0,9647
Porcelana	II	1,3857 X ²	-10,151 X	33,843	0,9350
ICS-1	I	0,982 X ²	-7,8521 X	31,136	0,9853
IMC-67 x OC-61	I	0,8179 X ²	-6,3164 X	26,336	0,9699
IMC-67 x OC-61	II	0,8223 X ²	-6,1087 X	24,634	0,9555

CMSJ= Criollo Merideño San Juan

CUADRO 6. Valores de acidez volátil de almendras de cacaos (Criollos, Trinitario y Forastero) al final del proceso de secado.

Tipo de cacao	Ciclo de cosecha	Acidez volátil (mg CH ₃ COOH/gm)
Guasare	I	4,94a
Guasare	II	3,93b
CMSJ	I	6,49a
CMSJ	II	4,01b
Porcelana	I	7,78a
Porcelana	II	7,22b
ICS-1	I	5,39a
IMC-67xOC-61	I	6,01a
IMC-67xOC-61	II	8,33b

CMSJ= Criollo Merideño San Juan.

En cada factor de letras distintas en columnas, indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

CONCLUSIONES

- El cacao Criollo (Porcelana, Guasare y CMSJ) presenta menor AT en los cotiledones en comparación al Forastero y Trinitario al final del proceso de secado.

- Valores de pH próximos a cinco en los cotiledones al final del proceso de fermentación y secado, podría ser un criterio para indicar un buen beneficio del cacao.
- Los cacaos criollos bien fermentados y secos presentan colores castaño claro y cotiledones agrietados, mientras que el Trinitario y Forastero presentan color pardo oscuro e igualmente cotiledones agrietados con presencia de algunas almendras de color violeta.
- Los cacaos criollos presenta un rendimiento en peso superior al cacao Forastero y Trinitario.
- La AV influye sobre las propiedades del grano de cacao, la cual varía en función del tipo de cacao y ciclo de cosecha.
- El contenido de humedad para todas las muestras fue menor al 8% y las pérdidas de las mismas durante la etapa del secado fueron próximas al 53% del contenido inicial en todas las muestras de Criollo y 47% en el Forastero.
- En 100 g de muestra, el número de almendras fue mayor para el cacao Forastero IMC-67xOC-61 y el menor número contados lo presentó Guasare, ICS-1 y CMSJ. Lográndose en estos últimos cacaos, un mayor rendimiento.

CUADRO 7. Análisis físicos de almendras de cacao (Criollo, Trinitario y Forastero) al final del proceso de secado.

Tipo de cacao	Semillas/ 100 g	Peso de 100 semillas	ÍA g	Cascarilla (%)	Humedad (%)	Humedad testa	Grosor de la semilla	Color interno
Guasare	65	159,36	1,59	12,25	7,6	Lisa	Gruesa	
CMSJ	71	145,42	1,46	12,26	7,6	Lisa	Plana	
Porcelana	74	139,71	1,40	17,81	7,7	Lisa	Gruesa	
IMC-67								2,5R
xOC-61	78	128,75	1,29	16,61	7,5	Áspera	Plana	4/2 10R 3/2 2,5R
ICS-1	66	153,27	1,53	14,02	7,6	Lisa	Plana	4/3 10R 6/4

CMSJ= Criollo Merideño San Juan.

Color Interno: determinado a través de la tabla Munsell de colores vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., E. Pérez y M. C. 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.
- Biehl, B., B. Meyer, G. Crone, L. Pollmenn and M. Bin Said. 1989. Chemical and physical changes in the pulp during ripening and post harvest storage of cocoa pods. *J. Sci. Food Agric.* 48(2):189-208.
- Cros, E. 1995. Cocoa aroma formation. **In:** Cocoa Meeting, The various aspects of quality. Seminar Proceeding. CIRAD. Montpellier, Francia, 169-180.
- Espin, S. y A. Armijos. 2001. Determinación del pH y la acidez titulable en semillas de cacao. Métodos de análisis de cacao. INIAP, Departamento de Nutrición y Calidad. Quito, Ecuador, 2-6.
- Espín, S., A. Villavicencio y A. Armijos. 2001. Determination of volatile acidity in cocoa beans. Procedures for chemical analysis homologation. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad. Quito, Ecuador, 7-12.
- Forsyth, W. G. C. and V. C. Quesnel. 1963. The mechanism of cacao curing. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology.* Hoboken. USA. 25:457-492.
- International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionary. 1993. Determination of the Moisture Content of Cocoa nib and Cocoa Beans. IOCCC. Analytical Method N° 43.
- Jinap, S., J. M. Thien and T. N. Yap. 1994. Effect of Drying on Acidity and Volatile Fatty Acids Content of Cocoa Beans. *J. Sc: of Food and Agric.* 65:67-75.
- Jinap, S., M. Leow, A. Mansoor and I. Amin. 2000. Quality characteristics of Malaysia cocoa bean and cocoa butter blends. Proceedings of 13th International cocoa research conference. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 923-932.
- López, A. S. and V. C. Quesnel. 1973. Volatile fatty acid production in cocoa fermentation and the effect on chocolate flavour. *J. Sci. Food Agric.* 24:39-326.
- 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., L. Graziani de Fariñas y R. L. Gervaise. 2009. Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. *Agronomía Trop.* 59(1):73-79.
- Puziah, H., S. Jinap, M. Kharidah 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.
- SAS Institute Inc. 1998. SAS/STAT Users guide. Version 6, 4th Edition, Vol. 2, Cary. N.C. USA.
- Stevenson, C., J. Corven y G. Villanueva. 1993. Manual para el análisis de cacao en el laboratorio. IICA. PROCACAO. Costa Rica, 65 p.
- Zaibunnisa, A., A. Russly, S. Jinap, B. Jamilah and W. Teguh. 2000. Mechanical fermentation: Its effect on the quality of cocoa beans. 13th International cocoa research conference. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 1 045-1 053 pp.