

Efecto del año y tiempo de fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana

Effect of the year and fermentation time on the development of the chemical characteristics of Porcelain cocoa

A. Portillo¹, E. Portillo², L. Arenas³, B. Rodríguez¹ y I. Chacón⁴

¹Asistente de Investigación. CONDES. Universidad del Zulia. ²Departamento de Agronomía. ³Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. ⁴Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao. CORPOZULIA

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto del año y el tiempo fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana, se realizó una investigación en el Centro Socialista de Investigación y Desarrollo (CESID-Cacao-CORPOZULIA), ubicado en el municipio Colón del estado Zulia. Las almendras fueron fermentadas por cuatro días, en cajones de madera de 60x60x60 cm. La toma de muestras se realizó diariamente. Se determinó el porcentaje de humedad y grasa, pH, acidez total y volátil. El ANOVA de los datos experimentales mostró que el tiempo de fermentación (TF) y la interacción año de cosecha (AC) y TF tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) para todas las variables, mientras que el AC tuvo efecto significativo ($P < 0,05$) para las variables pH, acidez total y volátil. Estos resultados permiten inferir que el cacao porcelana fermentado por 4 días y con remociones de la masa diariamente se obtienen almendras con alta calidad chocolatera. **Palabras clave:** Cacao Porcelana, poscosecha y calidad.

Abstract

In order to evaluate the year and fermentation time effect the on chemical characteristics of Porcelain cocoa valued worldwide for its aromatic quality, a research was conducted at the Socialist Center for Research and Development (CESID-Cocoa-CORPOZULIA), located in Colón County, Zulia state. The almonds were fermented for four days, in wooden crates of 60x60x60 cm. The sample was

performed daily. It was determined the percentage of fat and humidity, pH, total acidity and volatile. The ANOVA of the experimental data showed that the fermentation time (FT) and interaction (YHxFT) had a significant effect ($P < 0.05$) for all variables, while the year (YH) had a significant effect ($P < 0.05$) for the variables pH, total acidity and volatile. These results allow inferring that Porcelain cocoa fermented for 4 days and with daily removal of the mass allows obtaining almonds with high quality.

Key words: Porcelana cocoa, postharvest and quality.

Introducción

En el estado Zulia la producción de cacao está localizada principalmente en la zona Sur del Lago de Maracaibo, donde se cultiva un tipo de cacao criollo denominado “Cacao Porcelana”, considerado uno de los mejores cacaos del mundo por sus características varietales, las cuales contribuyen a que tenga una gran aceptación y demanda en el mercado internacional. Sin embargo, los productores de la zona no realizan un buen beneficio del cacao principalmente la fermentación y el secado.

La fermentación es considerada la etapa clave para la formación del aroma, debido a que en esta ocurre una profunda modificación del contenido de los compuestos químicos relacionados con el desarrollo del aroma de origen térmico (Portillo, 2008).

Portillo *et al.*, (2007), realizaron una investigación sobre el análisis químico del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo, observaron que los factores tales como: tipo de fermentador, frecuencia de remoción, aguante de la mazorca y el tiempo de fermentación, influyen significativamente en el desarrollo de las características químicas de las almendras, determinando la calidad final del cacao.

Introduction

In Zulia state, the cacao production is mainly located in the South of Maracaibo's Lake, where a type of Creole cacao is produced known as Porcelain Cacao, considered one of the best cacao in the world, by its varietal characteristics, which contribute to a great acceptance and demand in the international market. However, the producers of the area do not take advantage of the benefits of cacao, specially the fermentation and drying

Fermentation is considered the key phase for forming the aroma, since in this phase a deep modification of the content of chemical compounds related to the development of the aroma occurs with thermal origin (Portillo, 2008).

Portillo *et al.*, (2007) carried out a research about the chemical analysis of Porcelain Creole cacao (*Theobroma cacao* L.) in the south of Maracaibo's Lake, and observed that factors such as: type of fermenter, removal frequency, hold of the cob and fermentation time have a significant influence on the development of the chemical characteristics of almonds, determining the final quality of the cacao.

On the other side, Rivera *et al.*, (2012) analyzed the effect of the type

Por otro lado, rivera *et al.*, (2012), analizaron el efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional, donde observaron las mejores características de calidad del cacao Nacional entre los cuatro y cinco días de fermentación en cajas de madera.

Alvarez *et al.*, (2007), analizaron las características físicas y químicas de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua, donde obtuvieron valores de humedad comprendido entre 4,26 a 6,37% y porcentaje de grasa entre 54,61 a 56,07%.

Por lo antes mencionado, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del año y el tiempo de fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana.

Materiales y métodos

Para este estudio se contó con una plantación de cacao tipo "Criollo Porcelana", que tiene aproximadamente 30 años y proviene de la colección de trabajo del Centro Socialista de Investigación y Desarrollo (CESID-Cacao) perteneciente a CORPOZULIA, situada en la parroquia El Moralito, municipio Colón del estado Zulia. La misma presenta un clima de bosque húmedo tropical, está ubicada 8° 43' 27" al Norte y 71° 44' 33" por el oeste, altitud de 50 msnm, la precipitación anual promedio es de 1738 mm, humedad relativa de 83% y una temperatura media de 26,8°C.

El ensayo se realizó durante dos años (AC1= 2009 y AC2= 2010) para la época de cosecha comprendida en

and time of fermentation in the physical and chemical quality of the national cacao (*Theobroma cacao* L.), observing the best quality characteristics of the national cacao among the fourth and fifth fermentation days in wood boxes.

Alvarez *et al.*, (2007) analyzed the physical and chemical characteristics of fermented, dry and toasted cacao almonds sowed in Cuyagua, Aragua state, obtaining humidity values from 4.26 to 6.37% and fat percentage from 54.61 to 56.07%.

Por lo antes mencionado, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del año y el tiempo de fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana.

Because of the latter, the aim of this research was to evaluate the effect of the year and time of fermentation on the chemical characteristics of Porcelain cacao.

Materials and methods

For this research, a cacao plantation of Porcelain Creole was used, with approximately 30 years old and belonging to the collection of the Socialist Center for Research and Development (CESID-Cacao), CORPOZULIA, located at El Moralito parish, Colón County, Zulia state. It presents a wet tropical forest, located at 8° 43' 27" N and 71° 44' 33" W, and an altitude of 50 masl, the average annual precipitation is of 1738 mm, relative humidity of 83% and mean temperature of 26.8 °C.

The essay was performed for two years (YH1=2009 and YH2= 2010) for

tre los meses (Abril-Junio). Se desgranaron 3.700 mazorcas de cacao criollo Porcelana, posteriormente, las almendras fueron fermentadas en tres cajas de madera dulce (Roble, *Quercus robur* L.) de 60x60x60 cm. La masa de cada cajón fue de 272 kg de cacao en baba. La fermentación se realizó en un cuarto cerrado durante cuatro (4) días.

Se realizaron remociones de la masa de cacao cada 24 h. Se tomaron 2 muestras (1,5 kg de cacao en baba/muestra) de cada cajón diariamente, seleccionándolas en nueve (9) puntos diferentes del cajón, situados a 30 - 35 cm de la superficie. Estas muestras de cacao en baba fueron colocadas en los patios de secado al sol, durante cinco (5) días. Finalmente, las muestras tomadas en campo fueron llevadas al Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia para sus respectivos análisis.

Los análisis se realizaron en almendras de cacao fermentado y seco. Las almendras de cacao secas fueron descascarilladas manualmente para obtener los nibs; luego se les agregó nitrógeno líquido para su posterior molienda y así obtener el polvo de cacao que fue tamizado (<0,5mm) y conservado a -80°C. Todos los análisis fueron efectuados sobre estos polvos de cacao.

Para la determinación de las características químicas se utilizaron los siguientes métodos: humedad (Método N° 931,04; AOAC, 1990), grasa (Método N° 936,15; AOAC, 1990), pH (Bianchi, 1990), acidez libre y acidez volátil (Portillo 2008).

El ensayo se condujo bajo un diseño completamente al azar, con un

the harvest season during the months April-June. 3700 cobs of Creole Porcelain cacao were shattered; later, almonds were fermented in three 60x60x60 cm wood boxes (*Quercus robur* L). The mass on each box was of 272 Kg of cacao. The fermentation was done in a closed room for four (4) days.

Removals of the cacao mass were done every 24 h. Two samples were taken daily (1.5 kg of cacao/sample) from each box, drying them in nine (9) different points of the box, located at 30 - 35 cm of the surface. These cacao samples were out in the drying yards at sun exposure for five (5) days. Finally, the samples taken in the field were taken to the Food Technology Laboratory of the Agronomy Faculty of La Universidad del Zulia, for their corresponding analyses.

The analyses were performed in fermented and dry cacao almonds. Dry cacao almonds were peeled manually to obtain the nibs; later, liquid nitrogen was added for their posterior grinding to obtain cacao powder, which was sifted (<0.5mm) and kept at -80°C. All the analyses were performed on these cacao powders.

For determining the chemical characteristics, the following methods were used: humidity (method N° 931.04; AOAC, 1990), fat (Method N° 936.15; AOAC, 1990), pH (Bianchi, 1990), free acidity and volatile acidity (Portillo, 2008).

The essay was carried out under a randomized 2x5 split plot design, evaluating two factors under research: year of the harvest at two levels (YH1 and YH2) and fermentation time at five levels (0, 24, 48, 72 and 96 h) with three replications.

arreglo factorial de 2x5, donde se evaluaron dos factores de estudio: año de cosecha a dos niveles (AC1 y AC2) y tiempo de fermentación a cinco niveles (0, 24, 48, 72 y 96 h), con tres repeticiones. Para su análisis se realizó un análisis de varianza y pruebas de medias por Tukey. La prueba de medias de las interacciones se analizaron a través del método mínimo cuadrado LS Means del procedimiento GLM del SAS. Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico SAS, versión 9 (SAS, 2002).

Resultados y discusión

Humedad

Los resultados obtenidos para esta variable muestran que hubo diferencias significativas para el tiempo de fermentación (TF) ($P < 0,01$) y la interacción (ACxTF) ($P < 0,05$). Así mismo, se observó que el año de cosecha (AC) no tuvo ningún efecto ($P > 0,05$) sobre el contenido de humedad de las almendras.

Contreras *et al.*, (2004), evaluaron el efecto de varios fermentadores sobre la calidad del cacao utilizado por los productores de la localidad de Cumboto-Venezuela, encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los valores de humedad en función del tiempo de fermentación.

Las pruebas de medias permiten corroborar el efecto de la interacción del año de cosecha y el tiempo de fermentación sobre el contenido de humedad del cacao criollo Porcelana (figura 1). En la cual se observa que para ambos años los mayores valores de humedad se obtuvieron a las 48h de fermentación (8,05 y 7,41%, respectivamente).

For the analysis, variance analysis and mean Tukey test were performed. The mean interaction test was done using the minimal LS Mean method of the GLM procedure of SAS. All the analyses were carried out with the statistical software SAS, version 9 (SAS, 2002).

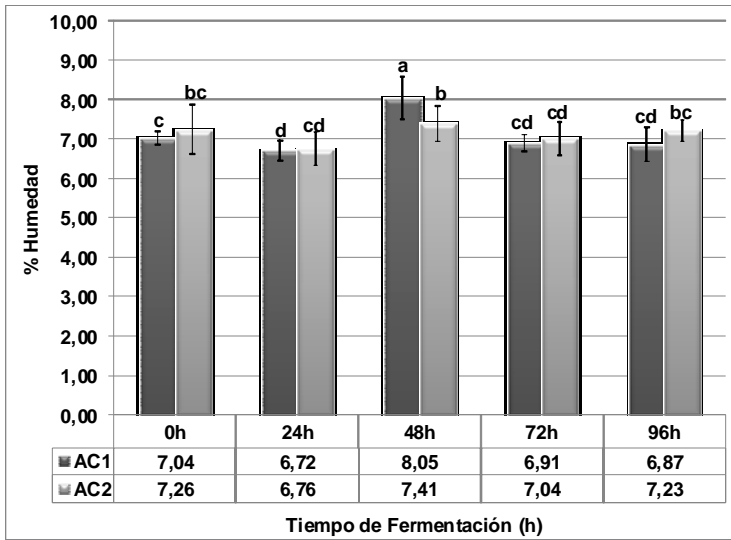
Results and discussion

Humidity

The results obtained for this variable show that there was significant difference for the fermentation time (FT) ($P < 0.01$) and the interaction (YHxFT) ($P < 0.05$). Likewise, it was observed that the harvest year (HY) did not have any effect ($P > 0.05$) on the humidity content of almonds.

Contreras *et al.*, (2004) evaluated the effect of different fermenters on the quality of cacao used by the producers in Cumboto, Venezuela, observing significant differences ($P < 0.05$) among the humidity values in function of the fermentation time.

The mean tests allow corroborating the interaction effect of the harvest year and the fermentation time on the humidity content of Porcelain Creole cacao (figure 1). It is observed that for both years, the highest humidity values were obtained at 48h of fermentation (8.05 and 7.41%, respectively). On the other hand, the lower values for the two harvest years were seen at 24h (6.72 and 6.76%, respectively). These results are over the reported by Álvarez *et al.*, (2007), with humidity values in 5 genotypes of cacao almonds from 4.26% to 6.37%. However, with these humidity contents, cacao almonds



a, b, c, d: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 1. Prueba de medias \pm desviación estándar del efecto de la interacción del año de cosecha (AC) y el tiempo de fermentación (TF) sobre el contenido de humedad.

Figure 1. Mean test \pm standard deviation of the interaction effect of the harvest year (HY) and fermentation time (FT) on the humidity content

Por otro lado, los menores valores para los dos años de cosecha se observaron a las 24h (6,72 y 6,76%, respectivamente). Estos resultados se encuentran por encima de los reportados por Álvarez *et al.*, (2007), donde encontraron valores de humedad, en almendras de cacao de 5 genotipos entre 4,26% a 6,37%. Sin embargo, con estos contenidos de humedad las almendras de cacao pueden ser almacenadas y transportadas sin ningún riesgo.

pH y acidez

En relación a la variable acidez, los resultados arrojaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el año de cosecha (AC) y diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para el tiempo

might be stored and transported without any risk.

pH and acidity

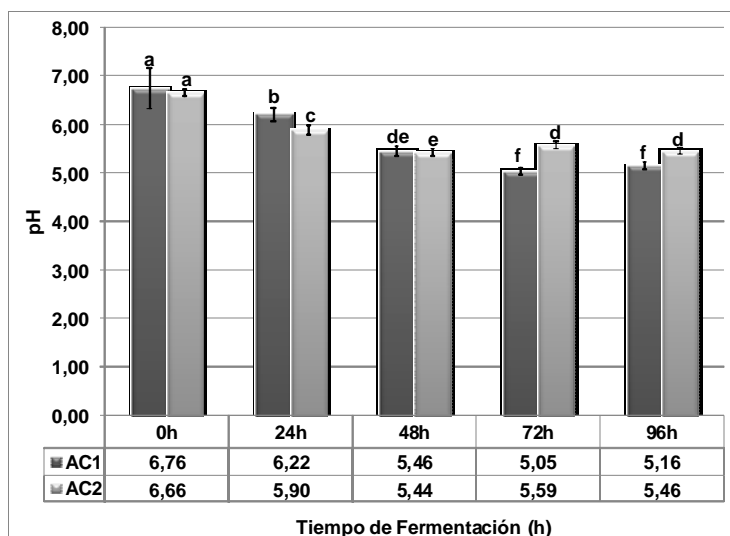
In relation to the acidity variable, the results showed significant differences ($P < 0,05$) for the harvest year (HY) and highly significant different ($P < 0,01$) for the fermentation time (FT) and the YHxFT interaction. On this sense, Portillo (2008) in his research about the influence on the post-harvest treatment in the development of the aroma of Venezuelan Creole cacao did not observe any difference ($P > 0,05$) in the total acidity, volatile acidity and pH in function of the harvest time; meanwhile, the fermentation time

de fermentación (TF) y la interacción ACxTF. Al respecto, Portillo, (2008), en su estudio sobre la influencia del tratamiento poscosecha en el desarrollo del aroma del cacao Criollo venezolano, no observó diferencias ($P>0,05$) en la acidez total, acidez volátil y pH en función de la época de cosecha, mientras que el tiempo de fermentación afectó significativamente ($P<0,05$) las variables de pH y acidez total.

El efecto de la interacción ACxTF sobre el pH del cacao Criollo Porcelana se muestra en la figura 2 se observa que el pH disminuye a medida que transcurre el tiempo de fermentación, así mismo, en el AC2 hubo un leve incremento a las 72h. Esto ocurre prin-

affected significantly ($P<0.05$) the pH and total acidity. The interaction effect YHxFT on the pH of Porcelain Creole cacao is presented in figure 2, where can be seen that the pH reduces as fermentation time passes; likewise, in the YH2 there was a slight increment at 72h. This mainly happens because at the beginning of the fermentation, the pH decreases in the cotyledon by the presence of acetic acid; later, the pH increases due to reactions that occur between the acetic acid and the different protein fractions (García-Alamillas *et al.*, 2002).

The pH values for the two harvest years presented their maximum at 0h of fermentation (6.76 and 6.66,



a, b, c, d, e, f: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P<0,05$).

Figura 2. Prueba de medias \pm desviación estándar del efecto de la interacción del año de cosecha (AC) y tiempo de fermentación (TF) sobre el pH.

Figure 2. Mean test \pm standard deviation of the interaction effect of the harvest time (HT) and fermentation time (FT) on the pH.

principalmente porque al inicio de la fermentación el pH desciende en el cotiledón por la presencia de ácido acético; posteriormente el pH se incrementa debido a las reacciones que ocurren entre el ácido acético y las diferentes fracciones de proteínas (García-Alamillas *et al.*, 2002).

Los valores de pH para los dos años de cosecha presentaron su máximo a las 0h de fermentación (6,76 y 6,66, respectivamente), mientras que en el AC1 presentó su menor valor de pH (5,05) a las 72h y para el AC2 a las 48h un pH (5,44). Estas diferencias pueden ser atribuidas principalmente a los procesos de degradación de microorganismos, por efecto del mezclado o remoción de la masa de cacao y las condiciones climáticas (García-Alamillas *et al.*, 2002).

En el caso de la acidez total, se puede observar (figura 3) que la misma aumenta a medida que transcurre el tiempo de fermentación, este comportamiento coincide por los reportados por Contreras *et al.*, (2004), quienes evaluaron el comportamiento de esta variable en el cacao Forastero de la zona de Cumboto del estado Aragua.

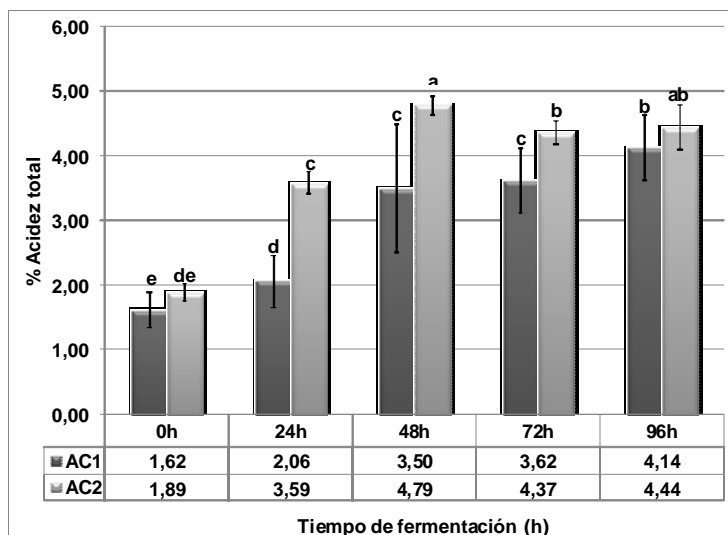
Los valores de acidez total para los dos años de cosecha oscilaron entre 1,62 - 4,14% y 1,89 - 4,79%, respectivamente. Portillo, (2008), evaluó el cacao Criollo venezolano y encontró valores de acidez total entre 2,26 y 5,14%.

Es importante resaltar, que los contenidos de acidez total fueron superiores para el AC2, mientras que para la acidez volátil (figura 4) hubo mayor variabilidad entre los dos años de cosecha, esto podría deberse a los niveles de sustratos presente en el mucilago

respectively); meanwhile, the YH1 presented its lower pH value (5.05) at 72h and for YH at 48H a pH (5.44). These differences might be attributed to the degradation processes of the microorganisms by effect of mixing or removal of cacao mass and the climatic conditions (García-Alamillas *et al.*, 2002). In the case of the total acidity can be observed (figure 3) that it increases as passes the fermentation time, this behavior agrees to the reported by Contreras *et al.*, (2004), who evaluated the behavior of this variable in Foreign Cacao at Cumboto, Aragua state.

The values of the total acidity for the two harvest years oscillated from 1.62-4.14% to 1.89-4.79%, respectively. Portillo (2008) evaluated the Venezuelan Creole cacao and found values of total acidity from 2.26 to 5.14%. It is important to mention that the total acidity contents were superior for YH2; meanwhile, for the volatile acidity (figure 4) there was higher variability among the two harvest years, this might be due to the substrate levels present in the mucilage, which vary according to the climatic conditions and ripening phase of the fruits (García-Alamillas *et al.*, 2002).

The values of the volatile acidity for HY1 and HY2 oscillated from 1.10-1.21% and 0.28-1.70%, respectively. The values of volatile acidity in cacao almonds in function of the fermentation time are compared to the results obtained by Contreras *et al.*, (2004). Regarding the volatile acidity, it increased until 48h, but later decreased (figure 4), this might be due to the production of acetic acid in the



a, b, c, d, e: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 3. Prueba de medias \pm desviación estándar del efecto de la interacción del año de cosecha (AC) y tiempo de fermentación (TF) sobre la acidez total.

Figure 3. Mean test \pm standard deviation of the interaction effect of the harvest year (HY) and fermentation time (FT) on the total acidity.

los cuales varían de acuerdo a las condiciones climáticas y el estado de madurez de los frutos (García-Alamillas *et al.*, 2002)

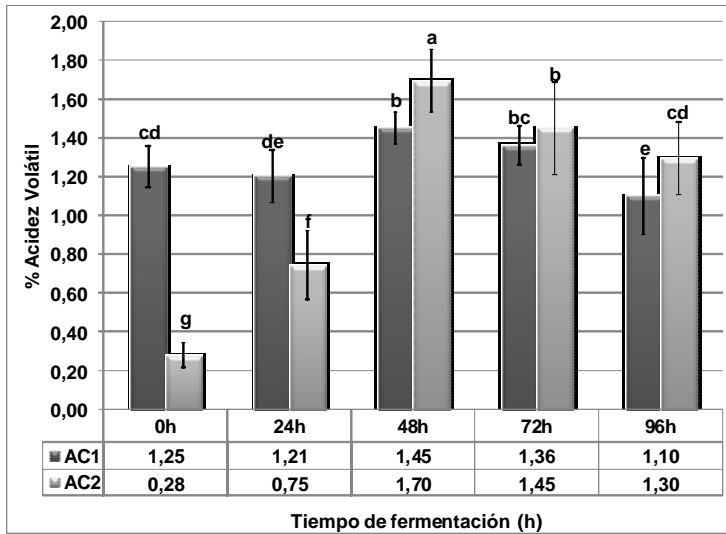
Los valores de acidez volátil para el AC1 y AC2 oscilaron entre 1,10 - 1,21% y 0,28 - 1,70% respectivamente. Los valores de acidez volátil en las almendras de cacao en función del tiempo de fermentación son comparables, con los resultados obtenidos por Contreras *et al.*, (2004).

Con respecto a la acidez volátil, se observó un incremento de la misma hasta las 48h, pero luego desciende (figura 4), esto puede ser atribuido a la producción de ácido acético en el

mucilago que extiende to the cotyledon causing an increment in the first three fermentation days (García-Alamillas *et al.*, 2002).

Fat

The results for this variable did not show significant differences ($P > 0,05$) for the harvest year (HY). These results agree to the reported by Acosta *et al.*, (2001), with non-significant differences ($P > 0,05$) in the fat content among the different harvest months. Regarding the fermentation time and interaction HYxFT highly significant differences were detected ($P < 0,01$) for the variable fat content. When evaluating the interaction effect



a, b, c, d, e, f: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 4. Prueba de medias \pm desviación estándar del efecto de la interacción del año de cosecha (EC) y tiempo de fermentación (TF) sobre la acidez volátil.

Figure 4. Mean test \pm standard deviation of the interaction effect of the harvest year (HY) and fermentation time (FT) on the volatile acidity.

mucilago que se difunde al cotiledón provocando un incremento de este en los primeros tres días de fermentación. (García-Alamillas *et al.*, 2002).

Grasa

Los resultados para esta variable no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) para el año de cosecha (AC). Estos resultados coinciden con los reportados por Acosta *et al.*, (2001), donde observaron diferencias no significativa ($P > 0,05$) en el contenido de grasa entre los diferentes meses de cosecha. Con respecto al tiempo de fermentación e interacción ACxTF se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para la variable contenido de grasa.

HYxFT on this variable (figure 5), was proved that the values were affected by such interaction. The fat content in cacao almonds increased (4%) as the fermentation time passed. The fat content for YH1 and YH2 oscillated from 42.29-45.67% and 41.02-45.43%, respectively, being these contents inferior to the reported by Alvarez *et al.*, (2007) for the cacao in Cuyagua, Aragua state (54.61 – 56.07%).

The COVENIN 1480:1998 norm (2nd revision) establishes that a cacao paste must have at least 47% of fat; thus, the cacao analyzed in this research has low fat content (41.02-45.67%). This condition or characteristic is

Al evaluar el efecto de la interacción ACxTF sobre esta variable (figura 5), se pudo corroborar que los valores fueron afectados por dicha interacción. El contenido de grasa en las almendras de cacao aumentó (4%) a medida que transcurrió el tiempo de fermentación. Los valores de grasa para el AC1 y AC2 oscilaron entre 42,29-45,67% y 41,02-45,43%, respectivamente, siendo estos contenidos inferiores a los reportados por Alvarez *et al.*, (2007), para el cacao de la zona de Cuyagua del estado Aragua, (54,61-56,07%).

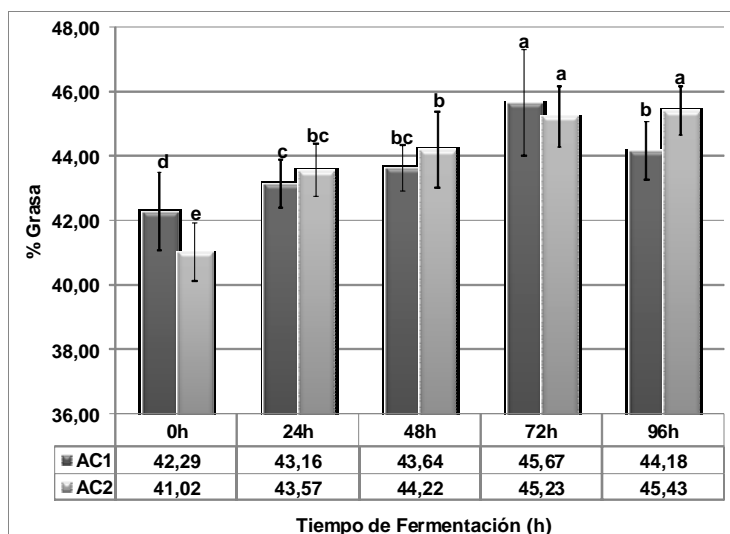
La Norma COVENIN 1480:1998 (2da revisión) establece que una pasta

unfavorable for the industrial processes, since the cacao butter is the main ingredient in the production of cacao.

Conclusions

The variance analysis allowed presenting that the fermentation time was the most determining for the behavior of each of the studied variables. Meanwhile, the harvest year had a significant effect on the pH, total and volatile acidity. Finally, the YHxFT interaction had significant effects on all the variables.

It is recommended to ferment the Porcelain cacao for 72 hours in square



a, b, c, d, e: Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05).

Figura 5. Prueba de medias \pm desviación estándar del efecto de la interacción del año de cosecha (AC) y tiempo de fermentación (TF) sobre el contenido de grasa.

Figure 5. Mean test \pm standard deviation of the interaction effect on the harvest year (HY) and fermentation timer (FT) on the fat content.

de cacao debe contener como mínimo 47% de grasa, por lo que el cacao analizado en esta investigación posee bajo contenido de grasa (41,02-45,67%). Esta condición o característica es desfavorable para los procesos industriales, debido a que la manteca de cacao es un ingrediente principal en la producción de chocolates.

Conclusiones

El análisis de varianza permitió mostrar que el factor de estudio tiempo de fermentación fue el más determinante para el comportamiento de cada una de las variables estudiadas. Mientras que el factor de estudio año de cosecha tuvo efecto significativo sobre el pH, acidez total y volátil. Finalmente la interacción ACxTF, tuvo efectos significativos sobre todas las variables.

Se recomienda fermentar el cacao Porcelana durante 72 horas, en cajones cuadrados de madera dulce, realizar remociones de la masa cada 24 horas y máximo con dos días de aguante de la mazorca.

Literatura citada

Acosta, R., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas, P. Parra y A. Trujillo de leal. 2001. Estudio de algunas características físicas y químicas de la grasa de los cotiledones de tres tipos de cacao de la localidad de Cumboto. *Agronomía Tropical* 51(1): 119-131.

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

Bianchi, J. 1990. Estudio de los pigmentos se desarrolla en el producto de la alcalinización de cacao. Tesis

wood boxes and to remove every 24 hours and with maximum two days of cobs hold.

End of english version

Doctoral. Universidad de Montpellier II, 146 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1998. Norma venezolana N° 1480. Licor de cacao (Masa o pasta de cacao) (2da revisión). Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 3p.

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

FEDECACAO. 2005. Caracterización físico-químicas y beneficio del grano del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia. <http://www.fedecacao.com.co/cw/ca/doctecnicos/fedecacao-dt-caracterizacion-fisicoquimica-cacao-colombia.pdf>. Consultado: 8-7-2012.

García-Alamilla, P., B. Salvador, T. Ramos, E. Bautista, S. Sol, J. Urrieta-Saltijeral y M. García-Alvarado. 2002. Cinética de acidez volátil a través del proceso de fermentación y secado de cacao. *Memorias en extenso del 111 Encuentro Internacional de Biotecnología UPIBI2002*. Querétaro, p 107-116.

Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Official (A.O.A.C.). 1990. 15th ed. Vol II pp 763-776.

Portillo, E. 2008. Influencia del tratamiento poscosecha sobre el desarrollo del aroma del cacao criollo venezolano. Trabajo de ascenso para optar a la categoría de profesor Titular. Departamento de Agronomía. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia.

Portillo, E., L. Graziani de Farinas y E. Betancourt. 2007. Análisis Químico del Cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía. Volumen 24 (3): 522-546.

Rivera, R., D. Fernández, F. Mecías, Á. Guzmán, M. Peña, H. Medina, L. Casanova, A. Barrera y P. Nivelá.

2012. Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional. Ciencia y Tecnología 5(1): 7-12.

Statistical Analysis System (SAS). 2002. Versión 9.0. User's guide Raleigh. North Carolina.