

## INFLUENCIA DE VARIOS FACTORES SOBRE ÍNDICES FÍSICOS DEL GRANO DE CACAO EN FERMENTACIÓN<sup>1</sup>

### INFLUENCE OF SEVERAL FACTORS ON PHYSICAL INDEXES OF COCOA SEEDS IN FERMENTATION<sup>1</sup>

Ligia Ortiz de Bertorelli\*, Gervaise Rovedas L.\* y Lucía Graziani de Fariñas\*

<sup>1</sup> Trabajo financiado por FUNDACITE Aragua y FONACIT

\* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Apto. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: ortiz@agr.ucv.ve, ortiz141@cantv.net

#### RESUMEN

Este estudio consistió en determinar el efecto del tiempo de fermentación, tipo de cacao, *Theobroma cacao* L., almacenamiento del fruto y frecuencia de remoción de la masa (semillas y pulpa) sobre índices físicos del grano durante la fermentación del cacao. Frutos de los tipos criollo y forastero de Cumboto (Aragua) fueron fermentados recién cosechados (AM1) y a los 5 d de la recolección (AM2). El proceso fermentativo se efectuó en cajas de madera por 5 d y la masa fue removida con distintas frecuencias: cada 24 horas, cada 48 h y sin remoción (SR). La temperatura de fermentación fue medida diariamente y los índices de fermentación (ÍF) y de hinchamiento (ÍH) a los 0, 2 y 5 d del proceso. Los resultados indicaron que durante el proceso fermentativo la temperatura aumentó, alcanzando su máximo valor el día 2 y luego descendió hasta valores próximos a la temperatura ambiente. Igualmente los ÍF y de ÍH se incrementaron, obteniéndose los índices más altos en el día 5. En cuanto al tipo y almacenamiento del cacao se observó que la temperatura más elevada, así como los mayores ÍF y ÍH les correspondieron al cacao criollo y al cacao AM2. En cambio, al variar la frecuencia de remoción sólo se alcanzaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en el ÍH del cacao fermentado sin remoción, el cual mostró el mayor valor. En conclusión, los factores evaluados influyeron sobre el proceso fermentativo del cacao, obteniéndose una fermentación más acelerada cuando el cacao es almacenado antes de la fermentación.

**Palabras Clave:** *Theobroma cacao* L.; frecuencia de remoción; almacenamiento del fruto; temperatura de fermentación; índices físicos.

#### SUMMARY

This study was carried out to evaluate the effect of fermentation time, cacao type, fruit storage and turning time on some physical indexes of the bean during the fermentation process. Fruits of the types criollo and forastero from Cumboto (Aragua) were fermented freshly harvested (AM1) and 5 days after harvesting (AM2). Fermentation was done in wooden boxes for 5 days with turning times of 24 and 48 hours as well as no movement of fermentating mass (SR) at whole. The fermentation temperature was measured in a daily base and the indexes of fermentation (IF) and of swelling (IH) were measured at 0, 2 and 5 days after the beginning of the fermentation process. The results shown that during the fermentation process the temperature increased and reached its maximum value at the second day and then it decreased to values close to ambient temperature. The fermentation and swelling indexes also increased, reaching a maximum on day 5. Related to the type of cacao and storage treatment, we found that the highest temperatures as well as the highest values of IF and IH corresponded to the criollo variety and to the AM2 storage treatment. Related to the turning time, only significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were found for the IH index value, with the highest value where there were not movement during the fermentation process. In conclusion, the factors evaluated in this work influenced the fermentation process, and the storage of the beans before fermentation induced a faster fermentation process.

**Key Words:** *Theobroma cacao* L.; turning time; storage cocoa fruits; fermentation temperature; physical indexes.

## INTRODUCCIÓN

La fermentación es una fase indispensable en el beneficio del cacao, *Theobroma cacao* L., ya que en ella se desarrollan los precursores del aroma y sabor a chocolate. Esta etapa es afectada por el tipo de cacao (Braudeau, 1970; Lemus *et al.*, 2002), tiempo de almacenamiento del fruto o mazorca antes de la apertura y el desgrane (Barel, 1987; Dias y Ávila, 1993; Portillo *et al.*, 2005; Schwan *et al.*, 1990; Torres *et al.*, 2004), así como por el método de fermentación empleado, dependiendo del tipo de fermentador usado (Contreras *et al.*, 2004; Graziani de Fariñas *et al.*, 2003; Portillo *et al.*, 2005), tiempo del proceso y frecuencia de remoción de la masa fermentante (semillas y pulpa), entre otros (Portillo *et al.*, 2005; Puziah *et al.*, 1998; Senanayake *et al.*, 1997; Schwan *et al.*, 1990), consecuentemente todos estos factores influyen sobre la calidad del producto final.

El tiempo de fermentación está relacionado con el tipo de cacao. El criollo fermenta más rápidamente que el forastero, tardando el primer tipo de cacao de 2 a 3 d y el segundo de 5 a 7 d. No obstante, las condiciones climáticas, el volumen de la masa y el método aplicado ejercen un papel importante sobre la duración del proceso y pueden causar grandes variaciones (Braudeau, 1970), por lo que es conveniente establecer en campo el tiempo adecuado.

Se ha observado que el almacenamiento de los frutos de cacao por varios días después de la cosecha realza el sabor (Samah *et al.*, 1993a). Esta demora en el desgrane favorece la hidrólisis de la pulpa y reduce la acidez del cacao (Barel, 1987), así mismo promueve bajos niveles de ácido láctico, ácidos volátiles y ácidos totales libres (Dias y Ávila, 1993) y un incremento de los taninos en el cotiledón (Torres *et al.*, 2004). Al retardar el desgrane, la fermentación es acelerada debido a que la temperatura se incrementa más rápidamente, dependiendo dicho incremento del tiempo de almacenamiento de la mazorca (Barel, 1987), de manera que los valores de la temperatura serán más altos a medida que aumenta el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao. Sin embargo, se ha notado que un ascenso lento de la temperatura es importante para obtener un mejor potencial del sabor, ya que se forma menos cantidad de ácido acético, el cual en concentraciones moderadas puede difundir lentamente dentro de los granos sin causar una sobre acidificación (Biehl *et al.*, 1985), por lo tanto no es conveniente almacenar la mazorca por mucho tiempo.

Igualmente se ha detectado que a medida que aumenta el tiempo entre la cosecha y el desgrane del fruto se

incrementa la posibilidad de una sobre-fermentación, por lo que se recomienda reducir el tiempo de fermentación cuando la proporción de mazorcas desgranadas tardíamente es alta (Torres *et al.*, 2004).

En cuanto a la remoción de la masa durante la fermentación del cacao, se ha encontrado que ejerce un efecto significativo sobre los precursores del sabor (Puziah *et al.*, 1998). Al remover la masa fermentante se incrementa la aireación, lo que conlleva a una regulación de la acidez del producto y de la velocidad del proceso fermentativo, ya que el desarrollo de la temperatura y de la acidez dependen de la aireación de la masa en fermentación. Además, la remoción impide la aglomeración de los granos y el consecuente desarrollo de hongos en la superficie y en las esquinas de los fermentadores (Senanayake *et al.*, 1997). Ahora bien, la frecuencia de remoción de la masa puede alterar la apropiada secuencia microbiana durante la fermentación y provocar la aparición de metabolitos que, al difundirse por el interior de los cotiledones, pueden afectar la calidad del producto final (Schwan *et al.*, 1990), por lo que es importante el control de dicho factor.

En la zona norte costera del estado Aragua, el manejo post cosecha del cacao varía de un lugar a otro y depende de la experiencia del productor. En dicha zona, específicamente en Cumboto y Cuyagua, la cosecha es efectuada, comúnmente, entre el lunes y el jueves para acumular un número conveniente de frutos, y los viernes es realizado el desgrane de la mazorca y la fermentación de la masa de cacao, siendo ejecutado este último proceso por 5 ó 7 días sin considerar el tipo ni el tiempo de almacenamiento de los frutos, afectando así la calidad del producto final (Graziani de Fariñas *et al.*, 2002).

Por lo que el objetivo de este estudio consistió en determinar el efecto del tiempo de fermentación, tipo de cacao, almacenamiento del fruto y frecuencia de remoción de la masa fermentante sobre la temperatura de fermentación, índice de fermentación, índice de hinchamiento y relación l/e durante la fermentación del grano de cacao de Cumboto (Aragua), ya que estos índices físicos son indicativos de la calidad y están relacionados con los factores en estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en frutos (mazorcas) de cacao tipo criollo y tipo forastero de la localidad de Cumboto, ubicada en la Región Central del municipio Costa de

Oro, estado Aragua. Esta zona presenta una precipitación anual de 467 a 988,5 mm anuales, con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso, una temperatura media anual de 25,76 °C y una humedad relativa promedio de 68% (Monagas, 1995; FUNDACITE-Aragua, 2008).

En la identificación de los árboles se aplicaron algunos de los descriptores taxonómicos señalados por Bekele (1994) y en la determinación del grado de madurez de los frutos se tomaron en consideración los criterios utilizados por González *et al.* (1999).

Para el establecimiento del ensayo se usó un diseño completamente aleatorizado con 3 observaciones y un arreglo factorial mixto 22x3x6, en los cuales los factores evaluados fueron: tipo de cacao (Criollo y forastero), almacenamiento de la mazorca (0 y 5 d), frecuencia de remoción (0, cada 24 y cada 48 h) y tiempo de fermentación (0, 1, 2, 3, 4 y 5 d).

Para el proceso se cosecharon al azar 300 mazorcas sanas y maduras de cada tipo de cacao, las cuales fueron divididas en 2 lotes: el lote 1 fue desgranado y fermentado recién cosechado (AM1) y el lote 2 a los 5 d de almacenado (AM2). La fermentación fue realizada en Cumboto por 5 d y el proceso, similar para ambos lotes de los 2 tipos de cacao, se hizo en cajas cuadradas (15x15x15cm) de madera saqui-saqui, *Bombacopsi quinata* (Jacq) Dugan, siguiendo la técnica señalada por Graziani de Fariñas *et al.* (2003). En el proceso de fermentación se aplicaron diferentes frecuencias en la remoción (FR) de la masa fermentante: cada 24 h (C/24h), cada 48 h (C/48h) y sin remoción (SR).

La temperatura se midió en el centro de la masa de cacao, a 5cm de la superficie, a la misma hora todos los días de la fermentación, utilizando un termómetro calibrado de 0 a 100 °C con una apreciación de  $\pm 0,1$  °C. A los 0, 2 y 5 días de transcurrido el proceso fermentativo fueron medidos el índice de fermentación (ÍF), con el uso de la técnica descrita por Graziani de Fariñas *et al.* (2003) y el de hinchamiento (ÍH), según la metodología usada por Barel (1987), además se calculó la relación l/e, donde l correspondió al largo del grano y e al espesor.

A los resultados obtenidos se les verificó el cumplimiento de los supuestos del análisis estadístico y luego se les aplicó un análisis de varianza, vía paramétrica (2 vías), y una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan, mediante el paquete estadístico SAS (1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tiempo de fermentación

El análisis de varianza de los índices físicos reveló diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variación tiempo de fermentación (TF) y sólo para la interacción TFxAM, indicando el predominio del efecto principal, razón por la cual se consideró este efecto en la interpretación de los resultados. En dichos resultados, la prueba de Duncan detectó variaciones, a un nivel de probabilidad del 5%, entre los valores de la temperatura (Cuadro 1), ÍF y de ÍH y en la relación l/e durante la fermentación (Cuadro 2).

**CUADRO 1.** Temperatura promedio del cacao durante la fermentación.

Días de fermentación	Temperatura (°C)
0	31,02d
1	39,99b
2	41,22a
3	33,99c
4	33,98c
5	31,19d

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

En el transcurso del proceso fermentativo, la temperatura aumentó hasta el día 2 para luego descender y alcanzar valores próximos a la temperatura ambiente en el día 5, siendo más pronunciado dicho descenso en el día 4 (Cuadro 1). Este aumento de la temperatura, producto de las reacciones exotérmicas relacionadas con la aireación y la actividad microbiana (Samah *et al.*, 1993b; Senanayake *et al.*, 1997), es importante porque influye sobre la muerte del embrión, condición necesaria para que se inicien las reacciones enzimáticas que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate (Braudeau, 1970).

Durante el proceso fermentativo se desarrollan levaduras que ocasionan una fermentación alcohólica de la pulpa, siendo los azúcares transformados en alcohol, el cual luego es oxidado a ácido acético por acción de las bacterias acéticas. Esta reacción es altamente exotérmica y es la causa principal de la elevación de la tempe-

ratura en el proceso (Samah *et al.*, 1993a; Senanayake *et al.*, 1995). En tanto que el posterior descenso de la temperatura es producto de la inactivación de la microflora al alcanzar, dicha variable, valores cercanos a los 40 °C (Senanayake *et al.*, 1995).

**CUADRO 2.** Índices físicos promedios del cacao durante la fermentación.

Índices	Días de fermentación		
	0	2	5
Índice fermentación (%)	6,39c	56,11b	99,58a
Índice hinchamiento (mm)	118,66c	131,60b	140,88a
Relación l/e	2,64a	2,48b	2,26c

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Con relación al día en que la temperatura alcanza su máximo valor, la bibliografía señala resultados diversos. En investigaciones anteriores sobre cacao tipo forastero de la zona norte costera del estado Aragua, se detectaron máximos de temperatura en el día 3 de la fermentación del cacao desgranado recién cosechado (Lemus *et al.*, 2002; Contreras *et al.*, 2004), así como en el cacao desgranado 5 d después de la cosecha (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2004), y en el día 2 en cacao desgranado recién cosechado (Torres *et al.*, 2004). Así mismo, Portillo *et al.* (2005) en sus estudios sobre el cacao porcelana del sur del Lago de Maracaibo, obtuvieron un máximo de temperatura a los 3 d de la fermentación en cajones cuadrados. En cambio, Senanayake *et al.* (1995) encontraron los más altos niveles de temperatura al 4to d de la fermentación del cacao forastero de Sri Lanka desgranado 24 h después de cosechado.

Respecto al ÍF se detectó un incremento a medida que transcurrió el proceso fermentativo, alcanzando 56,11% en el día 2 y 99,58% en el día 5 (Cuadro 2). Un ÍF de aproximadamente 60% ha sido considerado como óptimo en la fermentación (Barel, 1987), de modo que el valor presentado en el día 5 del proceso es muy alto, indicando que posiblemente ocurrió una sobrefermentación de los granos, en la que éstos se tornan de color pardo oscuro o negro (Rohan, 1964). Por lo tanto para evitar este problema, detectado también en trabajos

previos (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2004), es recomendable disminuir el tiempo de fermentación cuando se almacenan las mazorcas.

El aumento del ÍF es producido por el oscurecimiento de los granos a medida que transcurre la fermentación, en la cual, las antocianinas son hidrolizadas y las agliconas resultantes son oxidadas a compuestos quinónicos que contribuyen al color pardo característico del cacao fermentado. Las principales modificaciones del color, que se presentan en el día 2 del proceso, son debidas a la inversión de la relación antocianinas monómeros/polímeros amarillos y pardos, ocurriendo poca evolución del color a partir del día 4 (Cros *et al.*, 1982).

En la fermentación del cacao porcelana, Portillo *et al.* (2005) obtuvieron un 49,50% de almendras fermentadas a los 2 d del proceso, y Contreras *et al.* (2004) un 38% al fermentar el cacao forastero en cajas de madera, valores inferiores al de este estudio.

Durante el proceso fermentativo, el ÍH se incrementó hasta el final del proceso (Cuadro 2), coincidiendo con estudios realizados con anterioridad (Lemus *et al.*, 2002; Contreras *et al.*, 2004), en los que fue detectado un aumento más pronunciado del ÍH en el día 2.

El incremento en el ÍH es causado por las transformaciones bioquímicas que ocurren en el interior de los cotiledones, las cuales ocasionan una hinchazón de los granos (Braudeau, 1970). Estas modificaciones son debidas a que la penetración del ácido acético y el ascenso de la temperatura, destruyen la semipermeabilidad de las membranas de las células. Esto causa una separación del cotiledón de la testa y variación del color del tejido, el cual se vuelve progresivamente pardo y finalmente pardo canela. Todo el tejido del cotiledón, incluso la radícula y la plúmula se colorean de un tono púrpura uniforme y los granos toman un color rojizo, se llenan de jugo color púrpura y se hinchan (Rohan, 1964). Esta hinchazón de los granos permite inferir visualmente como se está llevando a cabo la fermentación, estando directamente relacionado el ÍH con el proceso fermentativo (Barel, 1987).

En cuanto a la relación l/e se encontró que decreció en el proceso, de manera que el mayor valor correspondió a los cero días (Cuadro 2). La disminución de esta relación es ocasionada por el aumento del espesor del grano por la absorción de líquidos durante el proceso fermentativo.



## Tipos de cacao

Con respecto al tipo de cacao (TC), el análisis estadístico indicó la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) en todas las variables estudiadas, predominando el efecto principal TC sobre las interacciones, efecto sobre el cual se basó la discusión de los resultados.

Al aplicar la prueba de medias de Duncan a los índices en estudio, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tipos de cacao (Cuadro 3), presentando el criollo la temperatura más alta. La máxima temperatura y el tiempo de fermentación están correlacionados con el tipo de cacao, de manera que el criollo, cacao fino, se fermenta más rápidamente que el forastero, cacao de inferior calidad (Braudeau, 1970). Sin embargo, en investigaciones previas realizadas en cacaos de la costa de Aragua, no se detectó variación entre las temperaturas alcanzadas por estos 2 tipos de cacao, lo cual fue atribuido a la heterogeneidad de las poblaciones de este cultivo en la zona (Lemus *et al.*, 2002).

**CUADRO 3.** Índices físicos promedios del cacao tipos criollo y forastero en fermentación.

Índices	Tipos cacao	
	Criollo	Forastero
Temperatura (°C)	37,04a	35,44b
Índice fermentación (%)	56,20a	51,85b
Índice hinchamiento (mm)	135,26a	125,30b
Relación l/e	2,36b	2,56a

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Al cacao criollo también le correspondió el ÍF más alto, resultado coincidente con lo señalado en la literatura, según la cual para un mismo tiempo de fermentación, el ÍF del cacao criollo es superior al del forastero (Braudeau, 1970). Esto es debido a que existe una relación directa entre los días de fermentación y la proporción de pigmentos en las semillas, de manera que el cacao criollo, que es poco pigmentado, requiere menos tiempo de fermentación que el forastero, cacao cuyas semillas son de color púrpura (Rohan, 1964).

El ÍH fue mayor en el criollo que en el forastero, comportamiento, igualmente, observado por Lemus *et al.* (2002), quienes, además, encontraron valores inferiores a los de este estudio en ambos cacaos. El ÍH está relacionado con el largo y espesor de los granos (Barel, 1987), por lo tanto depende del tipo de cacao, ya que las características de las semillas difieren entre ellos; las del tipo criollo fueron grandes y redondas, en cambio las del forastero aplanadas y más pequeñas, estas diferencias en el tamaño y forma de las semillas de cacao, también ha sido señalada por otros investigadores (Braudeau, 1970; Angulo *et al.*, 2001). Del mismo modo, la relación l/e se corresponde con las características del grano, por lo que fue menor en el criollo, dado el mayor tamaño y espesor de los granos de este cacao.

## Almacenamiento del fruto

El análisis de varianza de los índices físicos detectó diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la interacción TFXAM y para el efecto principal AM, siendo este último relevante y por consiguiente considerado en los resultados, en los cuales la prueba de Duncan reveló variaciones a un nivel de probabilidad de 5% entre los valores de todas las variables evaluadas de los cacaos con y sin almacenamiento (Cuadro 4).

Respecto a la temperatura se observó que el cacao fermentado 5 d después de cosechado alcanzó el valor más alto, lo que podría atribuirse a una cierta prefermentación ocurrida en el interior de la mazorca, como es sugerido por la existencia de granos marrones al momento del desgrane del fruto almacenado, granos que, asimismo, fueron encontrados en estudios anteriores sobre cacao (Torres *et al.*, 2004).

**CUADRO 4.** Índices físicos promedios del fruto fresco y almacenado del cacao en fermentación.

Índices	Almacenamiento	
	0 días (AM1)	5 días (AM2)
Temperatura (°C)	34,84b	37,53a
Índice fermentación (%)	44,17b	63,89a
Índice hinchamiento (mm)	128,95b	131,61a
Relación l/e	2,51a	2,41b

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Estos resultados revelaron que el almacenamiento del fruto antes de la fermentación favoreció el incremento de la temperatura, ejerciendo un efecto beneficioso señalado en estudios previos (Torres *et al.*, 2004), así como por varios investigadores (Barel, 1987; Dias y Avila, 1993; Portillo *et al.*, 2005; Samah *et al.*, 1993a), quienes notaron que el almacenamiento de la mazorca antes del desgrane y fermentación origina aumentos más bruscos y máximos superiores de la temperatura durante el proceso fermentativo.

Con relación al ÍF, el cacao AM2 presentó el valor más alto, lo que puede deberse a la presencia de granos marrones antes de la fermentación en este último cacao, granos que no fueron encontrados en el cacao AM1; así como también a que en la fermentación del cacao almacenado se alcanzaron temperaturas más elevadas durante el proceso, lo cual es determinante para el desarrollo de las reacciones que ocasionan el oscurecimiento del cotiledón (Braudeau, 1970; Rohan, 1964). Además, la rápida elevación de la temperatura favorece la descomposición de las células de los cotiledones, promoviendo el proceso fermentativo (Rohan, 1964), tal como lo indica el mayor ÍF obtenido en el cacao AM2, concordando con varios investigadores (Barel, 1987; Dias y Ávila, 1993; Portillo *et al.*, 2005), quienes observaron un proceso más acelerado cuando el cacao fue almacenado antes de la fermentación.

El almacenamiento de la mazorca permite obtener, más rápidamente, una proporción aproximada al 60% de granos marrones en el proceso fermentativo, encontrando Barel (1987) los mejores resultados cuando el desgrane y la fermentación se realizaron a los 6 días de cosechada la mazorca (Barel, 1987). Por su parte, Portillo *et al.* (2005) obtuvieron un ÍF de 56,2% en el cacao porcelana almacenado por 5 d, valor inferior al promedio alcanzado en este estudio.

En el ÍH, se observó que el mayor valor lo presentó el cacao almacenado antes de la fermentación, resultado similar al obtenido por Barel (1987) en el estudio del efecto del retraso en el desgrane sobre la fermentación de cacaos de Costa de Marfil.

El mayor ÍH del cacao AM2 puede atribuirse al mayor espesor que presentaron los granos al inicio del proceso por la absorción de líquidos liberados en la prefermentación que experimentó durante el almacenamiento, por lo que en consecuencia, a este cacao le correspondió la menor relación l/e.

### Frecuencia de remoción de la masa

En cuanto a los resultados obtenidos al fermentar con distintas frecuencias de remoción, el análisis de varianza determinó diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) sólo para el efecto principal FR en las variables ÍH y relación l/e, mientras que ninguna de las interacciones fueron significativas, por lo tanto se analizó dicho efecto. En el ÍH, la prueba de medias de Duncan mostró que en el cacao fermentado sin remover la masa, este índice difirió a un nivel de significación del 5% de los cacaos fermentados con distintas frecuencias de remoción (Cuadro 5). Igualmente, la relación l/e varió con la frecuencia de remoción, presentando el menor valor el cacao removido cada 24 horas.

**CUADRO 5.** Índices físicos promedios del cacao en fermentación con distintas frecuencias de remoción de la masa.

Índices	Frecuencia de remoción		
	SR	C/ 24 h	C/ 48 h
Temperatura (°C)	36,44a	36,11a	36,13a
Índice fermentación (%)	54,17a	52,92a	55,00a
Índice hinchamiento (mm)	131,63a	129,50b	29,69b
Relación l/e	2,48a	2,42b	2,49a

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Se ha comprobado que la frecuencia en la remoción de la masa ocasiona una mayor aireación que propicia el desarrollo de microorganismos aeróbicos, cuyo metabolismo es generador de reacciones exotérmicas, lo cual, consecuentemente, causa un aumento más rápido de la temperatura (Dias y Ávila, 1993; Puziah *et al.*, 1998; Schwan *et al.*, 1990; Senanayake *et al.*, 1997). Sin embargo, los resultados de este estudio revelaron que la frecuencia de remoción no afectó la temperatura de fermentación, probablemente por el volumen de masa en fermentación, ya que se ha señalado que para volúmenes pequeños no es necesario la remoción (Rohan, 1964). Así mismo, los resultados obtenidos indicaron que la frecuencia de remoción no influyó sobre el ÍF, lo que al igual que en la temperatura, podría explicarse por el volumen de masa usado. En tanto que el ÍH no difirió entre los cacaos que fueron removidos

con distintas frecuencia durante la fermentación, pero los valores si se diferenciaron del cacao fermentado sin remover la masa, el cual mostró el mayor índice.

Sobre la base de estos resultados se puede concluir que el tiempo de fermentación, el tipo de cacao y el almacenamiento del fruto influyen sobre el proceso fermentativo del cacao, obteniéndose una fermentación más acelerada cuando el cacao es almacenado antes de la fermentación. En cambio, la frecuencia de remoción de la masa fermentante sólo afectó el ÍH, cuyos valores fueron ligeramente más altos en el cacao fermentado sin remover la masa.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la técnico Boni Escorche y al señor Rafael Osorio, la colaboración prestada.

### BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, J., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y P. Parra. 2001. Caracterización física de la semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo, forastero amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, estado Aragua. *Agronomía Trop.* 51(2):203-219.
- Barel, M. 1987. Délai d'écabossage. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. *Café Cacao The.* 31(2):141-150.
- Bekele, F., A. Kennedy, Mc David, F. Lauckner and I. Bekele. 1994. Numerical taxonomic studies on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. *Euphytica.* 75(39):231-240.
- Biehl, B., E. Brunner, D. Passern, L. Quesnel and D. Adomako. 1985. Acidification, Proteolysis and flavour potential in fermenting cocoa beans. *J. Sc. Food Agric.* 36:583-598.
- Braudeau, J. 1970. El Cacao. Primera edición. Editorial BLUME. Barcelona, España. 292 p.
- Contreras, C., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas y P. Parra. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Trop.* 54(2):219-232.
- Cros, E., F. Villeneuve et J. Vincet. 1982. Recherche d'un indice de fermentation du cacao. Evolution des tanins et des phénols totaux de la féve. *Café Cacao The.* 26(2):104-114.
- Dias, J. e M. Avila. 1993. Influência do período de pós-colheita do fruto, sistema de revolvimento da massa e tempo de fermentação sobre a acidez do cacao. *Agrotrópica.* 5(2):25-30.
- Fundacion para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnologia en el Estado Aragua (FUNDACITE-Aragua). 2008. El cacao y su gente. Consulta on line. [www.fundacitearg.gob.ve](http://www.fundacitearg.gob.ve). Consulta realizada el 01/06/2008.
- González, F., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas y 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. Fac. Agron. (UCV)* 25(2):159-171.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli y P. Parra. 2002. Características físicas, químicas y estudio del manejo postcosecha de tipos de cacao existentes en la zona cacaotera de Cumboto, estado Aragua. Informe Técnico final. FUNDACITE, Aragua. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, UCV. 196p.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli, N. Álvarez y A. Trujillo de Leal. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop.* 53(2):175-187.
- Lemus, M., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo de Leal. 2002. Efecto del mezclado de cacao tipos criollo y forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. *Agronomía Trop.* 52(1):45-58.
- Monagas, O. 1995. Estudio socio económico y agronomico de los productores y las parcelas agrícolas de la población de Cumboto, Municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 64 p.

- Portillo, E., L. Graziani de Fariñas y E. Betancourt. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L) en el sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22;394-406.
- 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.
- 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.
- Samah, A., N. Ibrahim, H. Alimon and M. Abdul Karim. 1993a. Fermentation studies of stored cocoa beans. World J. Microbiol. Biotechn. 9:603-604.
- Samah, A., N. Ibrahim, H. Alimon and M. Abdul Karim. 1993b. Comparative studies on fermentation products of cocoa beans. World J. Microbiol. Biotechn. 9:381-382.
- Schwan, R., A. Lopez, D. Silva e M. Vanetti. 1990. Influência da frequência e intervalos de revolvi-mentos sobre a fermentação do cacau e qualidade do chocolate. Agrotrópica. 2(1):22-31.
- Senanayake, M., E. Jansz and K. Buckle. 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. J. Sci. Food Agric.69:461-465.
- Senanayake, M., E. Jansz and K. Buckle. 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. J. Sci. Food Agric.74:42-48.
- Statistical Analysis Systems. SAS. 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1.028 p.
- Torres, O., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo. 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. Agronomía Trop. 54(4):481-495.