

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Fermentation of the copoazu kernel (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum.):
Assesmente and process optimization

Fermentación de la almendra de
copoazú (*Theobroma grandiflorum*
[Willd. ex Spreng.] Schum.): evaluación
y optimización del proceso*

Jenifer Criollo¹, Dagoberto Criollo¹, Angélica Sandoval Aldana¹

A B S T R A C T

The fermentation of copoazu kernels (a promising product for the cosmetics industry, chocolate, beverages, liquors and preserves) was evaluated varying the time of mass removal (24 and 48 hours) and the initial pulp (30 and 100%). This study took into account the degree of access the producers had to pulping equipment. We quantified temperature of the mass at three points (top, middle and bottom), acidity, pH, moisture, cutting test and sensory analysis. The observed temperatures during fermentation in the treatments with 100% pulp reached a maximum range between 35 and 36°C which indicated deficiencies in the process as the 40°C required for the death of the seed was not attained. Thirty percent initial pulp with removal every 24 hours for 9 days yielded the best results. Optimization with 0.1% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) increased the fermentation temperature to 44°C, augmented fermented beans to 56.14% and saw a development of fruit flavors with an intensity of 4, demonstrating a better fermentation process. The sensory panel showed that copoazu liquors have outstanding fruity notes and low levels of other evaluated flavors. The results are similar to the criollo cacao, known worldwide as a raw material for fine liquors and fragrances.

Keywords: sensory analysis, liquor, yeast.

R E S U M E N

La almendra de copoazú como producto promisorio para la industria de cosméticos, chocolate, bebidas, licores y conservas, se evaluó el proceso de fermentación variando el tiempo de remoción de la masa (24 y 48 horas) y la pulpa inicial (30 y 100%). Se tuvieron en cuenta las condiciones de los productores en el acceso a equipos de despulpado. Se cuantificó la temperatura de la masa en tres puntos (superior, medio e inferior), acidez, pH, humedad, prueba de corte y análisis sensorial. Se encontró bajo desarrollo de la temperatura de fermentación en los tratamientos con 100% de pulpa y se registraron las máximas temperaturas entre 35 y 36°C que indican deficiencias en el proceso; no se alcanzó los 40°C requeridos para la muerte del embrión. El 30% de pulpa inicial y la remoción cada 24 horas por 9 días, fueron las mejores condiciones encontradas. La optimización con 0,1% de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) aumentó la temperatura de fermentación hasta 44°C, los granos fermentados hasta 56,14% y el mayor desarrollo de sabores frutales con intensidad de 4, mostrando un mejor proceso de fermentación. El panel sensorial mostró que los licores de copoazú tienen notas frutales destacadas y bajos valores de otros sabores evaluados. Los resultados son semejantes a los cacaos criollos, conocidos en el mundo como materia prima de licores finos y de aroma.

Palabras clave: análisis sensorial, licor, levaduras.

I N T R O D U C C I Ó N

El copoazú (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng] Schum.) es un fruto de origen amazónico con múltiples cualidades nutritivas. Está compuesto por la almendra, de donde se extrae un licor semejante al del cacao, con mejores características en cuanto a porcentajes de ácidos grasos insaturados, sabor suave y agradable, predominando notas frutales semejantes a los cacaos finos y de aroma. Su contenido en sustancias antioxidantes activas, bajo porcentaje de theobromina y alta calidad de su manteca (alto contenido de ácidos grasos insaturados linoleico y oleico), lo catalogan como un producto promisorio para la industria de cosméticos, chocolate, bebidas, licores y

Fecha de recepción 2010-05-09
Fecha de aceptación 2010-07-19

* Contribución del proyecto "Validación de tecnologías de cosecha, poscosecha y procesos agroindustriales con el fruto de Copoazú *Theobroma grandiflorum* en el piedemonte amazónico. Fase 3" Corpoica; MADR; ICA; Asoprocaucho; Coprofrut.

¹ Centro de Investigación Nataima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Espinal, Colombia. jcriollo@corpoica.org.co/dcriollo@corpoica.org.co/asandoval@corpoica.org.co

conservas. En la actualidad se encuentra ampliamente distribuido en los departamentos de la amazonia colombiana con manejo agronómico y prácticas culturales semejantes al cacao; sin embargo, a pesar de pertenecer al género *Theobroma* posee características diferentes en forma, tamaño, estructura interna y diseño alveolar de la almendra (Cohen y Jackix, 2005). Estudios de fermentación de la almendra (Hernández y León, 2003; Castro, 2010), mencionan mejorías en el proceso de fermentación con la adición de soluciones azucaradas, persistiendo el problema de adhesión de la cascarilla a la almendra, lo cual evita un óptimo desarrollo de las etapas de beneficio. La fermentación es una etapa de poscosecha esencial y de grandes cambios para la almendra, pues es aquí donde se producen sustancias que al difundirse por los tejidos generan el sabor y aroma característico del chocolate (Portillo *et al.*, 2005). Corpoica mediante el proyecto "Validación de tecnologías de cosecha, poscosecha y procesos agroindustriales con el fruto de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el piedemonte amazónico", financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ha venido trabajando en la investigación de la estandarización de los parámetros para el beneficio del fruto de copoazú, buscando su incorporación en el mercado nacional de cacao, de manera que se logren suplir las necesidades de la industria nacional y se ofrezca al consumidor un nuevo tipo de chocolate con cualidades nutritivas superiores a las del cacao de línea.

Hernández y León (2003), realizaron el seguimiento del proceso de fermentación de almendra de copoazú utilizando procesos manuales en la etapa de despulpado; labor difícil de realizar si se trabaja bajo condiciones de grandes volúmenes de fruta y de escasez de mano de obra. Cohen y Jackix (2005), fermentaron almendra con el 5% de pulpa (despulpado mecánicamente) logrando un incremento importante en la temperatura (48°C) al tercer día del proceso, sin embargo, es difícil alcanzar un bajo porcentaje de pulpa utilizando despulpadoras de fruta convencionales, pues a medida que disminuye el contenido de pulpa se tienden a fracturar las almendras, lo que imposibilita su uso durante la etapa de fermentación. Actualmente, algunos productores del Caquetá implementan el método de fermentación con la pulpa presente en el fruto, por lo que se requiere estudiar el efecto de este factor en las condiciones de fermentación y las características del producto final. En procesos de transformación a escala industrial se observa claramente la influencia de las etapas de beneficio de la almendra en la obtención de chocolate. En este estudio, se evalúa el comportamiento durante el proceso de fermentación de la almendra de copoazú, considerando como factores el tiempo de remoción de la masa y el porcentaje de pulpa inicial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los frutos de copoazú se cosecharon de fincas procedentes de Belén de los Andaquíes y Florencia (Caquetá, Colombia); se colectaron cuando el pedúnculo se desprendió naturalmente (estado óptimo de maduración) y fueron sometidos a beneficio el día de ingreso al Centro de Investigación Nataima (Corpoica, Espinal, Tolima), utilizando únicamente frutos sin daño microbiológico o alteraciones físicas.

Apertura y desgrane de los frutos

Debido a las características del fruto, cáscara gruesa, dura y quebradiza, la apertura se realizó golpeando el fruto con un mazo de madera para facilitar su posterior apertura en forma manual. La parte interior (mucílago, almendra y placenta) fue separada de la cáscara realizando un desgrane manual y retirando la placenta debido a que ésta da lugar a granos aglomerados que dificultan la etapa de secado y fermentación (Hernández *et al.*, 2006).

Despulpado

El despulpado se realizó en forma mecánica con una despulpadora de frutas (Comek, Bogotá), separando la pulpa de la almendra. Durante este proceso se removió un 70% de la pulpa. Las almendras fracturadas fueron retiradas del proceso. Para los tratamientos con toda la pulpa no se aplicó esta etapa, pasando los granos directamente a los cajones fermentadores.

Fermentación

La fermentación se realizó en cajones de madera rectangulares de 25 x 30 cm y 41 cm de profundidad, los cajones contaban con aberturas en la parte interna y media que facilitaron la exudación de líquidos en la masa, y la toma de temperatura en tres puntos diferentes de profundidad. La masa utilizada fue de 12 kg de almendra húmeda por tratamiento.

Caracterización fisicoquímica del proceso de fermentación

La temperatura se midió en tres puntos de la masa (superior, media e inferior). De la mitad de la masa, se tomaron 200 g de almendra, en bolsas de polietileno, las cuales se rotularon y por duplicado se determinó la acidez (AOAC, 942.15), pH (AOAC, 981.12) y humedad (AOAC, 920.151), según los parámetros sugeridos por la AOAC (2000).

Secado

Los granos fermentados se secaron al horno (Gallenkamp, Loughborough, UK) a 45°C por 18 h de acuerdo a Gómez (2008), quien afirma que un secado violento sella la cascarilla evitando la evaporación de agua y ácido acético presente en el interior de la almendra. Las almendras secas se analizaron físicamente mediante una prueba de corte, para luego ser tostadas a 135°C por 30 minutos, separada la cascarilla y nibs (almendra triturada) fueron molidos con el molino Corona (Landers, Medellín, Colombia) obteniendo licor de cada muestra.

Prueba de corte

Para la evaluación del proceso fermentativo se realizó el corte transversal de 20 granos. Se determinó la estructura física, color, adhesión de cascarilla y porcentaje de granos bien fermentados, insuficientemente fermentados y pizarrosos (NTC 1225). Esta prueba fue efectuada por duplicado.

Análisis sensorial

Las muestras procesadas (licor) fueron catadas por el panel sensorial semi-entrenado del Centro de Investigación de Nataima (Corpoica) en la identificación de sabores básicos (amargo, astringente y ácido) y característicos (cacao, panela malta, nuez, frutal y floral), determinando la intensidad de cada sabor presente en las muestras y permitiendo la detección del estado de fermentación de la masa (Espinosa, 2007; Gómez, 2008).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial 2 x 2 correspondientes a tiempo de remoción de la masa (24 y 48 h) y el porcentaje de pulpa inicial (100 y 30). Se empleó el programa estadístico Design-Expert (Stat Ease, UK). Cada tratamiento fue efectuado por duplicado.

Tabla 1. Tratamientos de fermentación utilizados en el estudio

Tratamiento	Pulpa (%)	Periodo de remoción de la masa (h)
T1	100	24
T2	100	48
T3	30	24
T4	30	48

Inoculación con levaduras

Como una optimización del proceso, se seleccionó el mejor tratamiento y se inoculó al inicio de la fermentación. El inóculo se preparó utilizando levadura activa seca del

género *Saccharomyces cerevisiae* (Levapan, Colombia) al 0,1% en una solución de azúcar a 14°Brix y 35°C. La masa fue inoculada al 2%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

El aumento en la temperatura es un indicador clave del estado de fermentación, el cual es generado por reacciones exotérmicas de hidrólisis de proteínas y carbohidratos efectuados por enzimas proteolíticas y levaduras (Lemus *et al.*, 2001). Las temperaturas en los tratamientos estudiados no alcanzaron el valor requerido para la muerte del cotiledón (45°C). Se presentó el mayor incremento de muerte del cotiledón en los tratamientos con el 30% de pulpa con temperaturas alrededor de 42°C (figura 1). Entre los tratamientos sin despulpar, la temperatura alcanzó los 35°C dado que el exceso de pulpa impide la plena respiración de la almendra y requiere de mayor tiempo y acción de los microorganismos para un incremento significativo del parámetro en la masa fermentante (Leal, 2008).

El cacao desarrolla su punto máximo de temperatura entre el segundo y el tercer día del proceso. Para el copoazú, este valor estuvo entre el sexto y el séptimo día. La influencia del grosor de la cascarilla, elevada acidez y exceso de mucílago, afecta el normal desarrollo de la fermentación y se presenta la germinación del grano que afecta la calidad organoléptica del producto terminado.

Las temperaturas en el punto medio (M) de la masa de los tratamientos uno y dos en la mayoría de los registros, fueron inferiores a las encontradas en la superficie (S) de la masa, lo cual es coherente con los resultados obtenidos por Senanayake *et al.* (1995), quienes observaron en la superficie de la masa de cacao temperaturas mayores que en el centro y en el fondo de la misma, diferencia que es atribuida al distinto grado de exposición del material al oxígeno.

El tratamiento T3 presentó el mejor comportamiento de la temperatura a pesar que no alcanzó la temperatura deseada. En el séptimo día se presentó un descenso de la temperatura antes del proceso de descomposición y en algunos casos la aparición de larvas. Portillo *et al.* (2005), afirma que este descenso es debido a la inactivación de las bacterias acéticas y la muerte del embrión, ocasionada por la penetración del ácido acético al interior de la almendra. El tiempo de remoción fue un factor influyente en el estado microbiológico de la masa (Peñaranda y Bolaños, 1990), ya que incrementa la actividad microbiana benéfica que actúa en la fermentación. Tratamientos con remoción cada 48 h presentaron descomposición y proliferación de

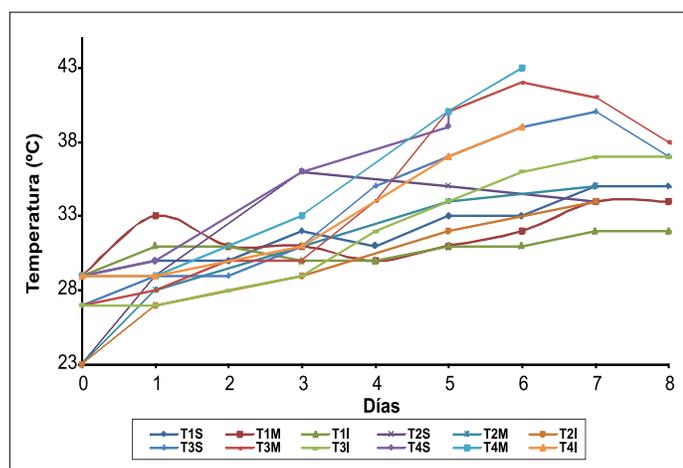


Figura 1. Perfil de temperatura en tres puntos de la masa fermentable de la almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h. S, superior; M, medio; I, inferior

larvas posiblemente generadas por la mosca de la fruta *Anastrepha* sp., entre el sexto y séptimo día, lo que obligó a detener el proceso sin alcanzar la temperatura y el estado de fermentación deseado. Marín (2002) afirma que los factores que influyen en el desarrollo biológico de las moscas de la fruta son la alta humedad, la luz, el sustrato y la disponibilidad de alimento, condiciones que se presentan al fermentar pulpa de copoazú, la cual presenta una alta humedad y un sustrato altamente disponible debido a su composición proximal. De la misma forma, las fermentaciones realizadas por los productores en el beneficio de la almendra de copoazú para las regiones de Caquetá y Putumayo también sufren descomposición por aparición de larvas y gusanos (observaciones en campo, datos no publicados). La remoción de la masa genera una disminución en la temperatura en el primer tiempo del proceso, siendo contrarrestada por el incremento en la actividad microbiana que genera un aumento considerable en la temperatura de la masa (Peñaranda y Bolaños, 1990), comportamiento observado en los tratamientos con 30% pulpa.

pH

El comportamiento del pH en la zona externa de la almendra fue ascendente para todos los tratamientos (figura 2). Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Hernández y León (2003), quienes afirman que se genera debido a la desasimilación del ácido cítrico por parte de los microorganismos que actúan durante la fermentación.

El pH interno de la almendra de copoazú en T2 y T3 mostró un ascenso en el primer día de fermentación, para luego

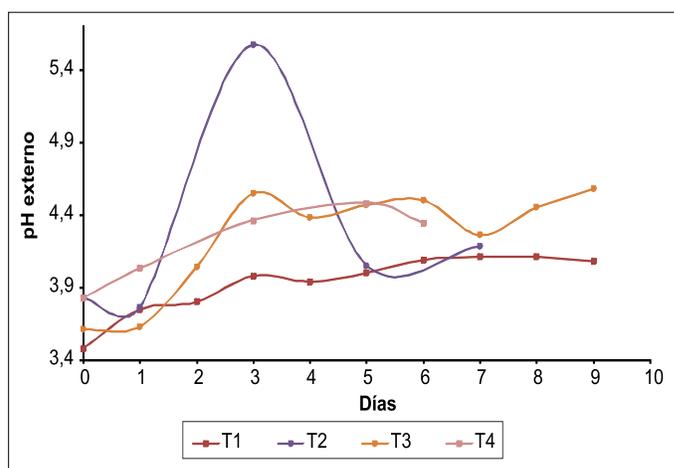


Figura 2. Perfil del pH externo de la fermentación de almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

descender significativamente (Figura 3). Estos resultados están de acuerdo con lo observado por Hernández y León (2003) quienes aseguran que el descenso del pH se genera gracias a la conversión del etanol a ácido acético, dándose una migración en la semilla de compuestos de la testa al cotiledón.

Acidez

El copoazú a diferencia del cacao, produce una almendra cuyo grosor de cascarilla se encuentra alrededor de los 0,54 mm, superiores a las del cacao de línea con espesor de 0,26 mm. La diferencia del grosor de la cascarilla implica que el trabajo con la almendra de copoazú requiera de

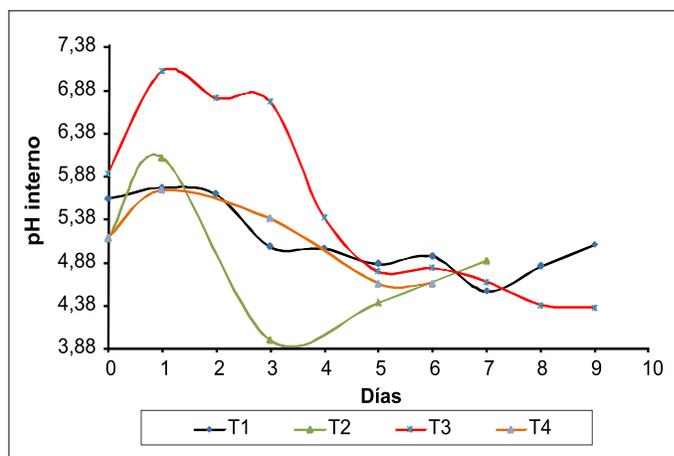


Figura 3. Perfil del pH del cotiledón de la fermentación de almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

un mejor desarrollo en la etapa de fermentación y niveles de acidez superiores, que logren traspasar la cascarilla llegando al interior del grano, donde se desarrollan los precursores de aroma y sabor del cacao. Los tratamientos evaluados mostraron un descenso inicial y luego aumento de la acidez de la masa. Portillo *et al.* (2005) manifiestan que el ascenso en la acidez es indicador del avance en el proceso de fermentación. T3 mostró un descenso de la acidez externa en el octavo día (figura 4) que coincide con el declive en la temperatura de la masa, descenso que ha sido atribuido al metabolismo del ácido cítrico por acción de las levaduras (Schwan *et al.*, 1990).

El comportamiento de la acidez interna (figura 5) mostró un ascenso leve en los primeros días de fermentación, lo cual se explica al retraso en la pérdida de la viabilidad del grano y en consecuencia de un retardo en la ruptura de las células de la pulpa y en la liberación de los jugos, lo que ocasiona un menor desarrollo de las bacterias acéticas. Este aumento se intensificó en T2 y T3, en el cuarto y quinto día respectivamente, debido a la difusión de la acidez externa hacia el interior del grano (Schwan *et al.*, 1990). Durante la fermentación, los ácidos acético y láctico producidos por la degradación microbiana de la pulpa son difundidos hacia el cotiledón, aumentando la acidez de la fracción interna de la almendra (Graciani *et al.*, 2002).

Humedad

La humedad externa de la almendra en los cuatro tratamientos tuvo un comportamiento descendente, pues como lo menciona Lemus *et al.* (2001) durante la fermentación ocurre la descomposición microbiana de la pulpa que causa ruptura de las células y desprendimiento de jugos y se elimina parte del agua en el exudado. La humedad interna de la almendra (figura 6) presentó un aumento en los cuatro tratamientos, de acuerdo a lo reportado por Portillo *et al.* (2005), quienes afirman que el proceso de exudación busca establecer un equilibrio osmótico entre la pulpa y los cotiledones, de forma que los productos de la fermentación se difunden a través de la testa hacia el cotiledón, logrando aumentar el porcentaje de humedad interna de la almendra. A lo largo de la fermentación, el interior de la almendra va adquiriendo agua y ácido acético de la parte externa de la masa que traspasa las membranas de la almendra, aumentando su porcentaje de humedad interna (Hernández *et al.*, 2006).

Prueba de corte

El análisis físico o prueba de corte realizado en cacao seco en grano (NTC 1252), evalúa el estado de fermentación (porcentaje) en granos bien fermentados, insuficientemente

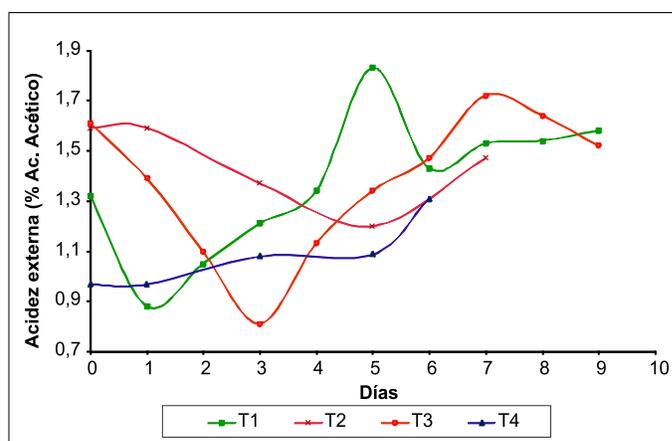


Figura 4. Perfil de la acidez externa de la fermentación de almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

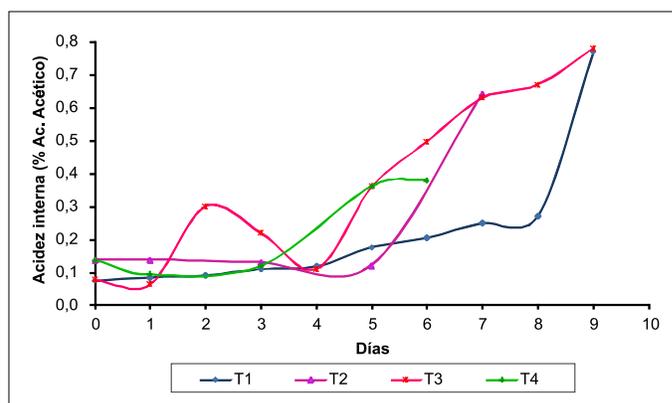


Figura 5. Perfil de la acidez del cotiledón de la fermentación de almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

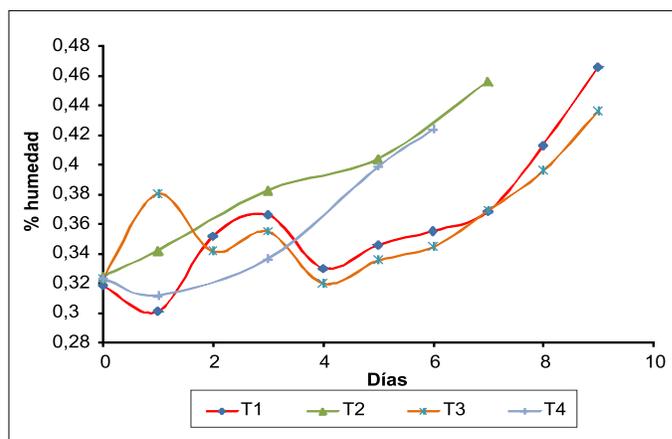


Figura 6. Perfil de humedad del cotiledón de la fermentación de almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

fermentados y pizarrosos. Los parámetros adaptados por los establecidos por esta norma fue el color, pues el copoazú posee una almendra blanca que no desarrolla colores violeta o tonalidades intensas como las desarrolladas en cacao trinitarios y forasteros. Por esto, el análisis fue realizado considerando un arriñonamiento definido y pigmentación tenue en la totalidad del grano para almendras de copoazú bien fermentadas, estructura semicompacta y pigmento en algunas partes de la almendra para granos insuficientemente fermentados y estructura totalmente compacta para granos pizarrosos, tal como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Granos de copoazú bien fermentados (A), insuficientemente fermentados (B) y pizarrosos (C)

Se encontró un comportamiento ascendente en la proporción de granos bien fermentados a lo largo de los cuatro tratamientos, lo que muestra el avance de las fermentaciones. Sin embargo, el valor máximo desarrollado en el último día para los cuatro tratamientos no superó el valor mínimo requerido por la norma de 65%, llegando a un máximo de 47% en T3 (figura 8).

La germinación de los granos es un proceso indeseable en la fermentación de almendras, ya que genera sabores astringentes que enmascaran los sabores deseables desarrollados a lo largo de la etapa. En los cuatro tratamientos fue marcado el porcentaje de granos germinados, ocasionado por las condiciones de fermentación y el leve incremento de la temperatura en los primeros días. En los tratamientos con el 100% de pulpa, se presentó un 47,1% de granos germinados por el exceso de pulpa que afectó negativamente el proceso.

Análisis sensorial

El análisis sensorial es un indicador del estado de fermentación de la almendra, determinado por la intensidad en sus notas que para sabores básicos como acidez, astringencia y amargo dejan en evidencia deficiencias en la etapa de fermentación (Gómez, 2008). Los tratamientos con el 100% de pulpa en su último día de fermentación manifestaron el menor grado de fermentación presentando sabores astringentes y amargos en mayor intensidad. El copoazú provee una almendra blanca con características de sabor semejantes a las expuestas por Portillo *et al.* (2005), para licores de

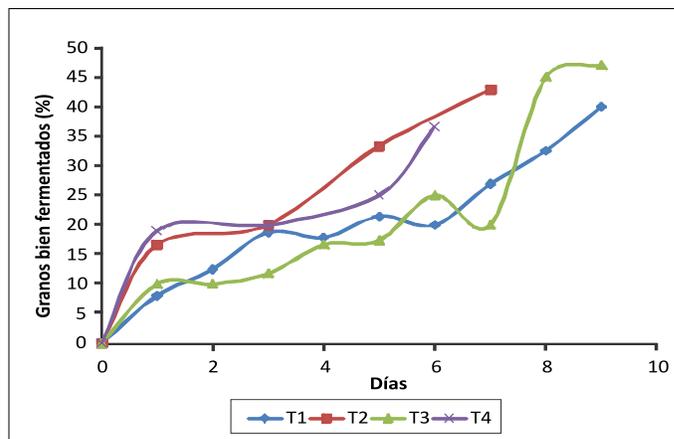


Figura 8. Porcentaje de granos bien fermentados de la almendra de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

cacaos criollos catalogados en el mundo como finos y de aroma. Para el último día de fermentación, T3 mostró las mejores características sensoriales superiores a las halladas en los demás tratamientos. Para este tratamiento se registraron notas de sabores frutales de puntaje 3,0, nuez 1,5 y panela/malta 1,5 (figura 9). Estos valores son significativos por ser poco desarrollados en licores de cacao y que posicionan la almendra de copoazú como posible materia de prima de licores finos y de aroma.

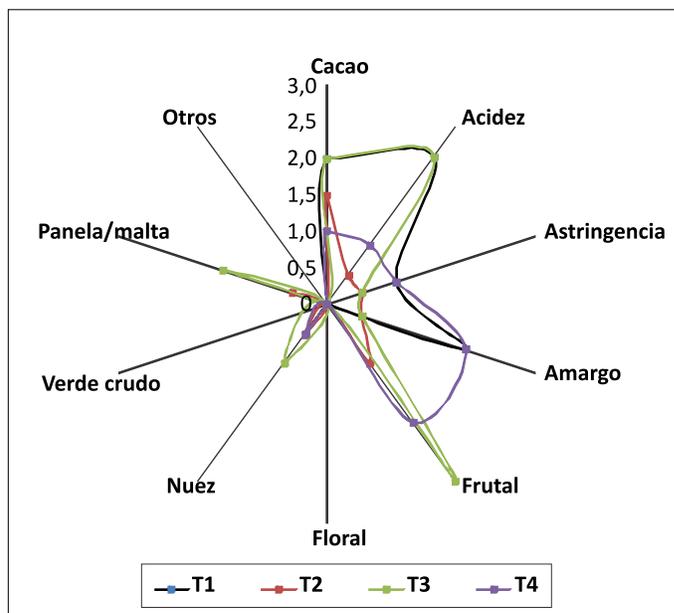


Figura 9. Perfil sensorial del licor de copoazú. T1, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 24h. T2, fermentación con el 100% de pulpa y remoción de la masa 48 h. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24h. T4, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 48 h

Optimización del proceso de fermentación

Las levaduras del género *Sacharomyces cerevisiae* son microorganismos unicelulares capaces de transformar azúcares sencillos en alcohol en el proceso de fermentación de los vinos (Santiago, 2006). *S. cerevisiae* está implicado en el desarrollo de la primera fase de la fermentación del cacao (fermentación alcohólica). La acción de las levaduras aumentó la temperatura durante la fermentación hasta 44°C al quinto día (figura 10), en comparación a la desarrollada en T3 (sin inóculo), el cual desarrolló 42°C en el séptimo día de fermentación.

Los valores de humedad interna del grano al final de la fermentación con adición de inóculo, superaron significativamente los obtenidos al final del tratamiento sin adición, permitiendo una mayor migración de compuestos desde el exterior de la almendra que facilita la hidrólisis enzimática al interior del grano (figura 10) y mejora la calidad sensorial del licor de copoazú.

La prueba de corte realizada al tratamiento adicionado con levaduras mostró un 56,1% de granos bien fermentados, valor superior al encontrado en el tratamiento sin adición quien registro solo 47,0%, sin embargo no supera el valor exigido por la norma NTC 1252 (figura 12).

El análisis sensorial mostró mayor intensidad en notas frutales, cacao y acidez (figura 13). Estos resultados muestran el beneficio de la inoculación con levaduras en el proceso de fermentación, lo cual puede establecerse como una optimización de la fermentación de almendra de copoazú.

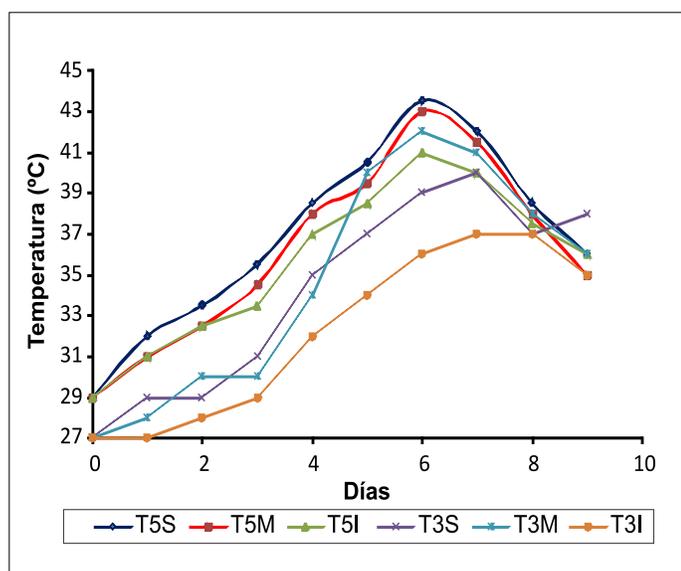


Figura 10. Perfil de temperatura en tres puntos de la masa. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T5, fermentación con el 30% de pulpa, remoción de la masa 24 h e inoculación de *S. cerevisiae*

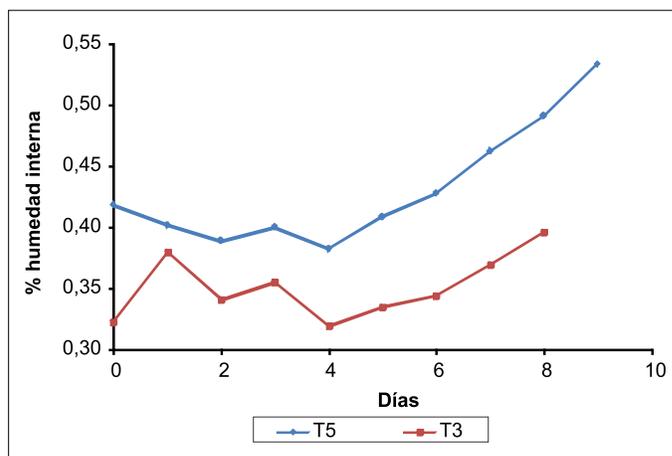


Figura 11. Perfil de humedad interna. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T5, fermentación con el 30% de pulpa, remoción de la masa 24 h e inoculación de *S. cerevisiae*

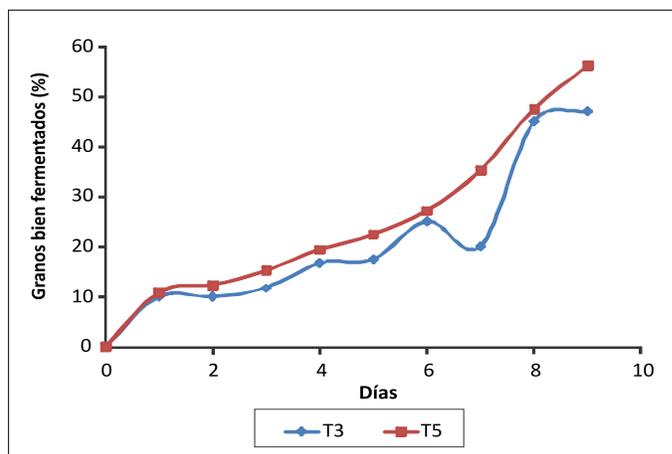


Figura 12. Porcentaje de granos bien fermentados. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T5, fermentación con el 30% de pulpa, remoción de la masa 24 h e inoculación de *S. cerevisiae*

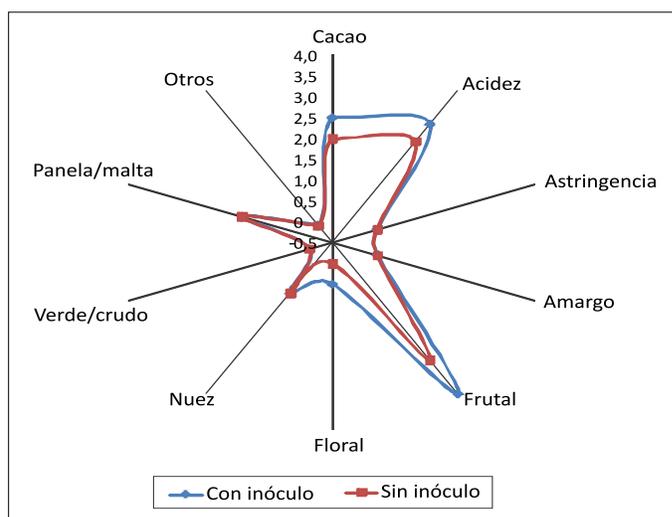


Figura 13. Perfil sensorial del licor de copoazú. T3, fermentación con el 30% de pulpa y remoción de la masa 24 h. T5, fermentación con el 30% de pulpa, remoción de la masa 24 h e inoculación de *S. cerevisiae*

CONCLUSIONES

Un porcentaje alto de pulpa inicial, la elevada acidez y el grosor de la cascarilla de la almendra de copoazú retrasan la fermentación, por lo que se requiere mayor acción de los microorganismos para el calentamiento de la masa. El uso de almendras despulpadas y la remoción cada 24 h de la masa logró un proceso de fermentación completo en 9 días. La almendra de copoazú provee un licor con características sensoriales semejantes a las desarrolladas a partir de cacaos criollos, de color más claro (similar a chocolate con adición de leche) y notas

frutales que a escala internacional podrían catalogarlo como cacao fino y de aroma. La adición de un inóculo de levaduras al proceso de fermentación, aumenta la temperatura del proceso y el rendimiento de granos bien fermentados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, USA.
- Cohen K, Jackix M. 2005. Estudio do liquor de cupuaçu. *Ciência Tecnolgia Alimentos* 25(1):182-190.
- Castro Z. 2010. Caracterización del proceso de fermentación del grano de Copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng), (tesis), Bogotá, Programa Interfacultades, Universidad Nacional de Colombia. pp. 24-38.
- Espinosa J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria. La Habana. pp. 18-30.
- Gómez A. 2008. Evaluación sensorial de licores de Ecuador y Venezuela. Seminario Internacional. Bogotá.
- Graciani L, Ortiz L, Trujillo A, Álvarez N. 2002. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Tropical* 53(2):175-187.
- Hernández C, León A. 2003. Evaluación de las etapas de fermentación y secado del proceso de beneficio de semilla de Copoazú *Theobroma grandiflorum* Wild ex Spreng Schum, (tesis), Bogotá, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. pp. 70-81.
- Hernández M, Melgarejo L, Barrera J, Carrillo M. 2006. Oferta y potencialidad de un banco de germoplasma del genero *Theobroma* en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica. Universidad Nacional de Colombia; MADR; Sinchi, Bogotá. pp. 142-184.
- Leal J. 2008. Fermentation of cacao *Theobroma cacao* L. seeds with a hybrid *Kluyveromyces marxianus* strain improved product quality attributes. *Fems Yeast Research* 8:788-798.
- Lemus M, Graziani L, Bertorelli O, Trujillo A. 2001. Efecto del mezclado de cacaos tipo criollo y forastero de la localidad de Cumbote sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. *Agronomía Tropical* 52(1):45-58.
- Marín M. 2002. Identificación y caracterización de mosca de la fruta en los departamentos del Valle del Cauca, Tolima y Quindío, (tesis), Manizales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. pp. 32-35.
- Norma Técnica Colombiana. 2003. NTC 1252 clasificación del cacao en grano destinado a la industrialización para consumo humano. Bogotá.
- Peñaranda LE, Bolaños R. 1990. Diseño de un reactor para la fermentación de cacao y estudio de las variables que influyen en el proceso, (tesis), Bucaramanga, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. 142 p.
- Portillo E, Graciani L, Cros E. 2005. Efecto de algunos factores poscosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Revista Facultad de Agronomía* 22(4):394-406.
- Santiago E. 2006. Microbiología industrial *Saccharomyces cerevisiae* como ejemplo de hongos. En: Universidad de Navarra, <http://www.unavarra.es/genmic/micind-2-1.htm>. consulta: diciembre de 2010.
- Schwan R, Lopez A, Silva D, Vanetti M. 1990. Influencia da frequência e intervalos de revolvimentos sobre a fermentação do cacau e qualidade do chocolate. *Agrotropica* 2(1):22-31.
- Senanayake M, Jansz E, Buckle K. 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 6:461-465.