

Cambios fisicoquímicos en la fermentación y secado de materiales de cacao en Colombia

Physicochemical Changes in the Fermentation and Drying of Cacao Materials in Colombia

Martha del Pilar López-Hernández¹ y Jenifer Criollo-Nuñez²

Resumen

Los procesos postcosecha en los granos de cacao son determinantes para el desarrollo de aromas específicos. Sin embargo, dichas reacciones están supeditadas a las características iniciales de la semilla, dadas por la genética del material, haciendo importante conocer sus condiciones específicas y así lograr que las posibles mezclas durante la fermentación sean las más adecuadas. De acuerdo con lo anterior, el presente estudio, tiene como objetivo la caracterización de las variables fisicoquímicas durante la fermentación y el secado de materiales de cacao. Se seleccionaron diez materiales, siguiendo variables como % pérdida de peso, % de humedad (testa y cotiledón), pH (testa y cotiledón) e índice de fermentación durante las fases de fermentación y secado. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza por Anova y pruebas de comparación múltiple de Tukey a $\alpha=0.05$. Los resultados mostraron diferencia significativa en cuanto a % de húmeda del cotiledón, % de humedad testa, pH cotiledón, pH de testa e índice de fermentación, lo que sugiere la incidencia de la genética del material y su efecto sobre la calidad sensorial del cacao producido en Colombia que en su mayoría son mezclas.

Palabras clave: Calidad, Evaluación, Propiedades, Seguimiento, *Theobroma cacao*.

Abstract

Post-harvest processes in cacao beans are decisive for the development of specific flavors. However, these reactions are subject to the initial characteristics, making it important to know the different conditions that occur in each material, and thus ensure that the possible mixtures during fermentation are the most appropriate. In accordance with the above, the need arises to carry out this study, which aims to characterize the physicochemical variables during the fermentation and drying of cacao materials. Ten materials were selected, following variables such as % weight loss, % moisture (testa and cotyledon), pH (testa and cotyledon) and fermentation rate during fermentation and drying. The data were subjected to an analysis of variance by Anova and Tukey's multiple comparison tests at $\alpha=0.05$. The results showed a significant difference in terms of % cotyledon moisture, % testa moisture, cotyledon pH, testa pH and fermentation index, which suggests the difference that exists in fermenting materials, which can influence the sensory quality of cacao produced in Colombia, which are mostly mixtures.

Keywords: Quality, Evaluation, Properties, Monitoring, *Theobroma cacao*.

Recepción: 15-mar-2022

Aceptación: 11-abr-2022

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Centro de Investigación Nataima. M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Dirección electrónica: mdlopez@ut.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-4214-0306>.

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Centro de Investigación Nataima. M.Sc. Ciencias Agroalimentarias. Dirección electrónica: jcriollo@agrosavia.co. <https://orcid.org/0000-0002-1623-4966>.

1 Introducción

En Colombia la producción anual de cacao (*Theobroma cacao* L.) desde el año 2013 hasta la fecha se ha incrementado. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, el último año cacaotero (octubre del 2020 a septiembre de 2021) se consideró el más grande de toda la historia productiva del grano en Colombia, con 70,205 toneladas producidas [1]. Para el 2020, el área cosechada en Colombia se concentró en un 41% en el departamento del Santander, seguido por los departamentos de Antioquia (9%), Arauca (8%), Huila (8%), Tolima (7%) y Nariño (5%), es decir, cerca del 78% del área cosechada se encuentra en estos departamentos [2]. A pesar de los incrementos en la producción anual, la calidad del grano de cacao es un factor fundamental para competir en el mercado mundial. La calidad del grano agrupa varias características tales como la composición nutricional, contenido de polifenoles y calidad fermentativa [3]. La composición química del grano, como el contenido de proteínas de almacenamiento, polisacáridos y polifenoles están determinados por el genotipo del fruto y estado de madurez, estableciendo las cantidades y tipo de precursores formados durante los procesos de fermentación y secado que conducen a la formación del sabor, por lo tanto, influye tanto en el tipo e intensidad del sabor [4].

El proceso de fermentación en las semillas de cacao es determinante para el desarrollo de sabores específicos como el sabor a chocolate [5]; Durante la fase de fermentación ocurren una serie de reacciones bioquímicas que se producen en los granos, necesarias para la inducción a las características de los productos de cacao. Sin embargo, dichas reacciones están supeditadas a las características iniciales de los materiales, haciendo importante el conocimiento de las diferentes condiciones que se presentan en cada material, y así lograr que mezclas de materiales durante la fermentación, sean las más adecuadas [6]. Se ha determinado que el efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de cinco clones de cacao colombiano (CCN 51, ICS 1, ICS 60, ICS 95 y TSH 565) no es uniforme, observando cambios positivos y negativos en el contenido de diversos metabolitos secundarios,

dependiendo de la variedad [7]. Así mismo, fueron evaluados los atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional en Ecuador, determinando que todos los clones presentaron características químicas similares, pero variaron en las características físicas y sensoriales [8].

De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de realizar el presente estudio, que tiene como objetivo la caracterización de las variables fisicoquímicas durante la fermentación de materiales de cacao en Colombia.

2 Metodología

2.1 Selección y recolección del fruto

Se seleccionaron diez materiales de cacao en el departamento del Huila: CCN 51, FEAR 5, FEC 2, FLE 3, FSA 12, FSV 41, ICS 95, SCC 23, SCC 55 y SCC 80. Las muestras fueron recolectadas bajo el permiso Marco de recolección conferido a AGROSAVIA bajo la resolución No 1466 del 03 de diciembre de 2014 de ANLAS (Colombia). Los frutos fueron llevados al laboratorio de ciencias agroalimentarias del C.I. Nataima (AGROSAVIA), donde se realizó una fermentación homogénea para todos los materiales seleccionados.

2.2 Fermentación

El proceso de fermentación aplicado fue una adaptación del método de microfermentación [9]. Las mazorcas se lavaron con una solución de hipoclorito al 1% y luego se abrieron para obtener la masa fermentante (semilla y pulpa); ubicando 900 g en dos recipientes plásticos formando un sistema cerrado que cumplió con las condiciones de baja presión de oxígeno requeridas durante los primeros 3 días de la fase. Las condiciones de temperatura fueron adaptadas en un horno a 35 °C hasta el día tres de la fase y 45 °C a partir del tercer día, simulando la dinámica de temperatura de una fermentación en campo. La masa fue homogenizadas cada 24 horas desde el día tres hasta alcanzar 6 días de fermentación.

2.3 Secado

Se realizó un secado al sol durante los días 6 al 12, aumentando con el transcurso de los días, las horas de exposición y el número de volteos de los granos de cacao.

2.4 Diseño experimental

Se evaluaron los días 0, 3, 6 de la fermentación y 9 y 12 del secado. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial: 3 x 2, con tres repeticiones.

2.5 Caracterización fisicoquímica

A continuación, se detallan las variables que fueron evaluadas al cotiledón y testa del grano de cacao de los diferentes materiales evaluados.

- Porcentaje de pérdida de peso: se determinó mediante una balanza analítica marca Ohaus[®], modelo Adventure Pro AV412. Posteriormente se determinó el porcentaje de pérdida de peso, restando el peso de valor inicial de la masa fermentable.
- Porcentaje de humedad (testa y cotiledón): se estableció siguiendo la metodología descrita en la norma AOAC (2005) 931.04.
- pH (testa y cotiledón): se determinó según la norma AOAC (2005) 970.21.
- índice de fermentación: fue determinado por espectrofotometría como una relación de las absorbancias 460 y 530 nm de una muestra de 0.5 g de granos de cacao disuelta en 50 ml de una solución de Metanol:HCl (97:3), que fue homogenizada y dejada en reposo en el refrigerador (8 °C) durante 19 horas [10].

2.6 Análisis sensorial

Los granos fermentados y secos fueron tostados a 120 °C durante 35 min; posteriormente se obtuvieron los “nibs” de cacao los cuales se sometieron a procesos de molienda a fin de obtener muestras homogéneas en finura (10 μ m de tamaño de partícula). Se obtuvo el licor el cual se sometió a una prueba de análisis sensorial realizada por panelistas entrenados, la cual consistió en un

análisis descriptivo cuantitativo con una escala de 0 a 10 puntos. Se evaluaron 9 atributos que comprendieron sabores básicos (cacao, acidez, astringente y amargo), específicos (frutal, floral, verde y nuez) y otros (defectos o adquiridos: quemado, químico, medicina, bosque, pizarroso, terroso, dulce, salado, madera, violeta, aceitunas, picante, guardado y moho). Los licores fueron fundidos en un baño de agua evitando que superaran los 40 °C; se mezclaron para homogenizar la muestra y evitar errores en la evaluación.

2.7 Análisis estadístico

Se reportaron tres determinaciones \pm error estándar. Los valores se sometieron a un análisis de varianza por ANOVA simple y pruebas de comparación múltiple de Tukey al nivel $\alpha = 0.05$. Toda la información fue procesada utilizando el software estadístico InfoStat/Estudiantil[®] versión 2014e.

3 Resultados y discusión

En la figura 1 se observa la evolución del porcentaje de pérdida de peso de la masa fermentada de cada uno de los materiales evaluados. Se resaltan los valores reportados para ICS 95, siendo el material que menos peso perdió durante la etapa de fermentación (18.99%), mientras que CCN 51 fue el que más perdió peso, en un 39.85%, casi el doble que ICS 95. Lo mismo se encontró al finalizar la etapa de secado, en donde al final de todo el proceso (día 12), ICS 95 perdió el 58.41% de su peso inicial, mientras que CCN 51 el 70.33%.

En cuanto al porcentaje de humedad del cotiledón (tabla 1), solo se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el día 0, resaltando a CCN 51, como el material con mayor contenido de humedad y FEAR 5 e ICS 95 con los menores valores, lo que puede explicar la menor pérdida de peso. Los resultados obtenidos difieren con la evaluación realizada por [11] quienes reportaron valores de porcentaje de humedad de cotiledón en el día 0 de 51.89 ± 1.74 , valores superiores a los del presente estudio, teniendo en cuenta que el material que utilizaron fue CCN 51, sin embargo, fue realizada en Perú. Así mismo, [12] reportaron un valor de 43.7 porcentaje de humedad en el cotiledón, afirmando la teoría.

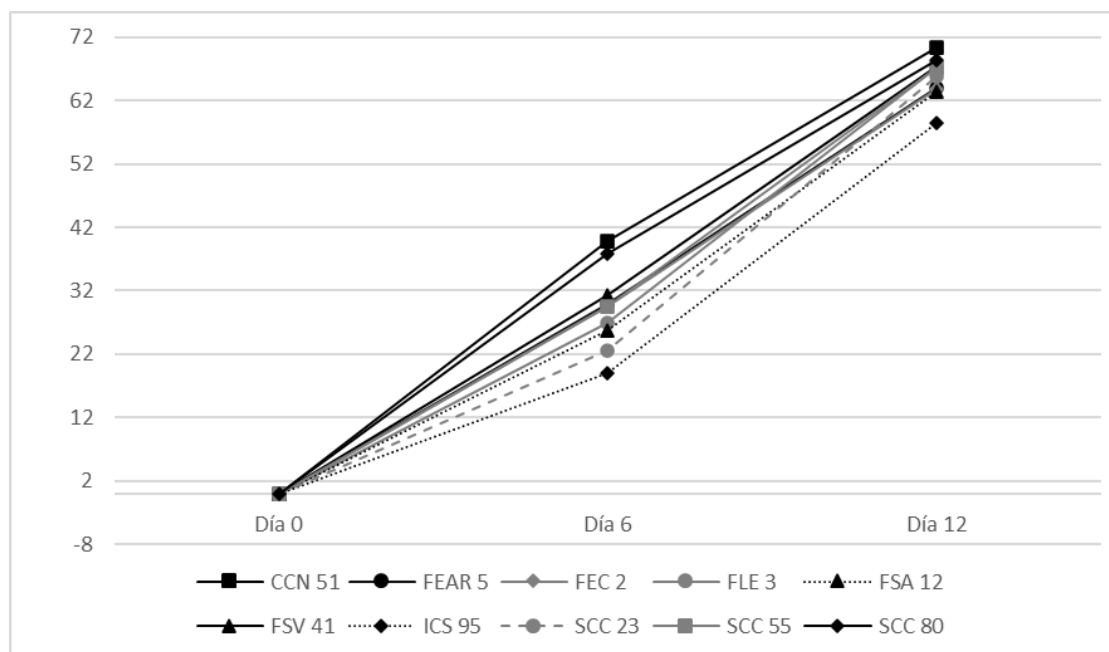


Figura 1. Porcentaje de pérdida de peso durante la fermentación.

Tabla 1. Porcentaje de humedad del cotiledón durante la fermentación

Material	Fermentación			Secado	
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
CCN 51	40.62 ± 0.82 a	36.7 ± 4.35 a	36.33 ± 2.81 a	6.44 ± 0.4 a	5.25 ± 1.34 a
FEAR 5	33.03 ± 0.23 e	37.43 ± 0.11 a	38.15 ± 1.32 a	5.74 ± 0.72 a	4.88 ± 0.33 a
FEC 2	36.5 ± 1.37 bc	41.1 ± 2.56 a	39.06 ± 1.59 a	7.52 ± 0.44 a	5.37 ± 0.99 a
FLE 3	37.47 ± 0.83 b	39.03 ± 3.41 a	45.42 ± 2.62 a	6.87 ± 0.52 a	5.56 ± 0.5 a
FSA 12	34.88 ± 0.91 d	33.77 ± 2.32 a	38.07 ± 5.07 a	6.26 ± 0.23 a	5.04 ± 0.98 a
FSV 41	39.89 ± 1.45 a	41.27 ± 3 a	42.32 ± 1.69 a	7.16 ± 0.36 a	6.09 ± 0.28 a
ICS 95	32.7 ± 1.26 e	40.41 ± 0.16 a	36.5 ± 0.74 a	7.51 ± 0.26 a	4.53 ± 0.09 a
SCC 23	29.47 ± 1.35 f	39.71 ± 3.69 a	40.6 ± 3.17 a	7.07 ± 0.52 a	5.38 ± 0.36 a
SCC 55	35.98 ± 0.86 cd	37.84 ± 2.72 a	37.78 ± 7.32 a	6.51 ± 2.5 a	4.61 ± 0.22 a
SCC 80	30.24 ± 0.87 f	37.3 ± 0.65 a	35.82 ± 0.95 a	6.54 ± 0.55 a	4.72 ± 0.75 a

Nota: $n = 3$; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: El autor

En la tabla 2 se muestra la evolución de la humedad de la testa durante la fermentación y el secado, evidenciando diferencia significativa ($p < 0.05$) los días 0, 6, 9 y 12. Así mismo se observó que a comparación de la humedad reportada por el cotiledón (tabla 1), la humedad de la testa fue mucho mayor; esta afirmación es soportada por [13] quienes mencionan en su estudio que dicho comportamiento se debe a que la mayor parte de la resistencia a la transferencia de masa es aportada por la testa y que

hay una velocidad de difusión reducida una vez que la humedad llega a esta capa del grano de cacao.

La dinámica de pH durante la fermentación es un parámetro fundamental para identificar la evolución de la fase, al considerar que los ácidos producidos por bacterias ácido lácticas y ácido acéticas son difundidos hacia el interior del cotiledón, lo que genera la muerte del embrión y así el desarrollo de sabores y aromas [14, 15]. Un pH muy bajo puede ser un indicador de granos de cacao de menor calidad; se ha reportado que el pH del grano seco entre 4.5 y 5.19 se asocia a notas

Tabla 2. Porcentaje de humedad de la testa durante la fermentación

Material	Fermentación			Secado	
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
CCN 51	80.66 ± 5.39 a	83.35 ± 1.62 a	71.25 ± 0.9 ab	13.74 ± 0.8 c	13.17 ± 2.15 c
FEAR 5	76.49 ± 6.95 abc	82.72 ± 2.32 a	67.96 ± 2.06 bc	14.67 ± 3.1 bc	13.09 ± 0.64 c
FEC 2	67.8 ± 6.02 e	82.79 ± 0.75 a	64.88 ± 2.49 bc	14.93 ± 3.48 bc	13.1 ± 1.05 c
FLE 3	72.42 ± 5.96 bcd	82.47 ± 2.28 a	70.78 ± 1.53 ab	16.57 ± 2.1 abc	13.93 ± 0.97 c
FSA 12	67.3 ± 5.71 e	83.71 ± 1.75 a	68.81 ± 2.18 bc	15 ± 0.08 abc	13.69 ± 0.79 c
FSV 41	80.48 ± 6.22 ab	82.84 ± 0.84 a	65.68 ± 3.16 bc	16.55 ± 1.69 ab	18.53 ± 3.23 ab
ICS 95	70.36 ± 5.09 de	83.56 ± 1.06 a	64.08 ± 3.46 c	21.98 ± 3.78 a	14.44 ± 0.21 bc
SCC 23	71.27 ± 6.92 cd	82.01 ± 1.04 a	75.75 ± 1.88 a	20.43 ± 2.99 ab	19.59 ± 2.03 a
SCC 55	78.58 ± 5.34 abc	84.98 ± 1.79 a	71.22 ± 2.25 ab	15.41 ± 1.98 ab	12.29 ± 1.34 c
SCC 80	78.43 ± 5.81 abc	84.23 ± 4.19 a	69.52 ± 2.27 ab	14.3 ± 1.59 bc	11.6 ± 0.64 c

Nota: $n = 3$; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: El autor

bajas a chocolate y disminuyen su potencial aromático [16, 17]. Dicho comportamiento se puede atribuir a la pérdida de ácidos volátiles y agua durante el proceso de secado [18].

De acuerdo con lo anterior, el pH del cotiledón (tabla 3) mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) durante los días 0, 3, 6 y 9. Es necesario resaltar, que, aunque en el día 12 no se observó diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), FEC 2, ICS 95 y SCC 23 obtuvieron pH final por debajo de 5.1, lo que sugiere un mal proceso de fermentación y secado, sin embargo, se deben relacionar con análisis sensorial para confirmar lo expresado.

En cuanto al pH de la testa (tabla 4), se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) en los días 0, 3 y 6, mostrando un aumento gradual en el pH de todos los materiales. Lo anterior se atribuye a la desasimilación del contenido de ácido cítrico por las levaduras y las bacterias ácido lácticas, así como la sustitución por los ácidos lácticos y acéticos que son menos disociados [17].

El índice de fermentación se considera un criterio objetivo para determinar el grado de fermentación del cacao. Durante el proceso de fermentación, los compuestos polifenólicos como las antocianinas se hidroliza a antocianidinas, para luego ser polimerizados junto con catequinas simples para formar taninos complejos, las antocianinas suelen desaparecer rápidamente durante el proceso de fermentación, es por esto que los productos de

la condensación de las antocianinas se pueden determinar mediante espectrofotometría a 460 nm y 530 nm [19]. Se establece que un grano con un índice de fermentación de 1.6 esta sobrefermentado y mal fermentado cuando el índice de fermentación es menor a 1 [20].

La tabla 5 muestra el índice de fermentación de todos los materiales, resaltando en todos los casos, que el índice de fermentación aumenta a medida que avanza la fermentación, lo que concuerda con lo reportado por [21].

El análisis sensorial es una disciplina científica que permite definir, medir, analizar e interpretar las características de un producto [22]. Los perfiles sensoriales de los materiales estudiados se muestran en la Figura 2.

La nota de sabor a cacao es característica de granos de cacao bien fermentados y tostados [23]; a pesar de las posibles interferencias con otras notas, el sabor del cacao se considera la nota de sabor residual al final de una experiencia de degustación [24]. Los materiales que presentaron la mayor calificación en este criterio fueron FEC 2, FLE 3, FSV 41, ICS 95 y SCC 23. En cuanto a la acidez, la cual se caracteriza por un sabor fuerte y agrio que se origina esencialmente en el proceso de fermentación [25] se resaltan los materiales FSV 41 y SCC 23 con los valores más altos; lo anterior no concuerda con los resultados obtenidos por [23] quienes relacionan los resultados de pH con la

Tabla 3. Desarrollo del pH del cotiledón durante la fermentación

Material	Fermentación			Secado	
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
CCN 51	6.62 ± 0.80 h	6.13 ± 0.12 a	5.14 ± 0.49 ab	5.67 ± 0.27 ab	5.71 ± 0.18 a
FEAR 5	6.68 ± 0.32 e	5.92 ± 0.28 ab	4.69 ± 0.44 ab	5.74 ± 0.50 ab	5.72 ± 0.57 a
FEC 2	6.85 ± 0.98 c	5.31 ± 0.19 b	4.74 ± 0.40 ab	5.11 ± 0.19 ab	5.01 ± 0.31 a
FLE 3	6.65 ± 0.54 g	5.72 ± 0.22 ab	5.13 ± 0.09 ab	5.30 ± 0.13 ab	5.42 ± 0.06 a
FSA 12	6.54 ± 0.53 j	6.17 ± 0.09 a	4.83 ± 0.60 ab	5.27 ± 0.31 ab	5.47 ± 0.37 a
FSV 41	7.42 ± 0.29 a	6.24 ± 0.07 a	5.27 ± 0.64 ab	5.50 ± 0.45 ab	5.37 ± 0.55 a
ICS 95	6.93 ± 0.95 b	5.15 ± 0.42 b	4.81 ± 0.23 ab	5.00 ± 0.16 ab	4.68 ± 0.04 a
SCC 23	6.67 ± 0.64 f	5.84 ± 0.25 ab	4.37 ± 0.02 b	4.83 ± 0.08 b	4.81 ± 0.03 a
SCC 55	6.60 ± 0.43 i	6.26 ± 0.05 a	5.72 ± 0.12 a	5.35 ± 0.62 ab	5.27 ± 0.69 a
SCC 80	6.79 ± 0.28 d	5.87 ± 0.58 ab	5.45 ± 0.15 ab	5.95 ± 0.19 a	5.74 ± 0.08 a

Nota: $n = 3$; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: El autor

Tabla 4. Desarrollo del pH de la testa durante la fermentación

Material	Fermentación			Secado	
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
CCN 51	3.55 ± 0.04 i	3.69 ± 0.04 d	4.57 ± 0.46 ab	5.68 ± 0.57 a	5.56 ± 0.17 a
FEAR 5	3.78 ± 0.30 g	3.73 ± 0.05 cd	4.14 ± 0.08 b	5.32 ± 0.96 a	5.23 ± 0.86 a
FEC 2	3.69 ± 0.27 h	4.04 ± 0.01 a	4.67 ± 0.16 ab	5.11 ± 0.10 a	5.04 ± 0.15 a
FLE 3	3.97 ± 0.19 d	3.77 ± 0.05 cd	4.47 ± 0.20 ab	4.56 ± 0.36 a	4.59 ± 0.31 a
FSA 12	3.87 ± 0.09 f	3.87 ± 0.07 ab	4.15 ± 0.19 b	4.79 ± 0.15 a	4.94 ± 0.26 a
FSV 41	4.06 ± 0.20 c	3.80 ± 0.15 bc	4.80 ± 0.66 ab	5.34 ± 0.55 a	5.29 ± 0.69 a
ICS 95	4.10 ± 0.13 b	3.93 ± 0.08 ab	4.69 ± 0.12 ab	5.26 ± 0.18 a	5.33 ± 0.18 a
SCC 23	4.20 ± 0.04 a	4.01 ± 0.04 ab	4.30 ± 0.07 b	5.33 ± 0.29 a	5.32 ± 0.22 a
SCC 55	3.88 ± 0.21 e	3.66 ± 0.06 d	5.49 ± 0.78 a	5.44 ± 0.81 a	5.49 ± 0.86 a
SCC 80	3.87 ± 0.08 f	3.69 ± 0.13 d	5.25 ± 0.44 ab	5.85 ± 0.08 a	5.56 ± 0.62 a

Nota: $n = 3$; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: El autor

Tabla 5. Desarrollo del índice de fermentación durante la fermentación de cacao

Material	Fermentación			Secado	
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
CCN 51	0.42 ± 2.1e-03 d	0.73 ± 0.03 a	1.27 ± 0.05 b	1.41 ± 0.05 b	1.74 ± 0.37 ab
FEAR 5	0.43 ± 4.9e-03 cd	0.72 ± 0.06 a	1.21 ± 0.03 bc	1.34 ± 0.05 b	1.30 ± 0.06 ab
FEC 2	0.46 ± 1.0e-03 b	0.71 ± 0.04 a	1.01 ± 0.09 d	1.14 ± 0.11 bc	1.16 ± 0.13 bc
FLE 3	0.43 ± 0.01 cd	0.74 ± 0.02 a	0.94 ± 0.02 d	0.97 ± 0.02 c	1.20 ± 0.19 bc
FSA 12	0.37 ± 0.01 f	0.67 ± 0.02 a	1.04 ± 0.14 cd	1.20 ± 0.06 bc	1.14 ± 0.14 c
FSV 41	0.71 ± 2.3e-03 a	0.72 ± 0.05 a	1.50 ± 0.05 a	1.77 ± 0.11 a	1.84 ± 0.17 a
ICS 95	0.46 ± 0.00 b	0.68 ± 0.02 a	1.10 ± 0.02 bc	1.23 ± 0.17 bc	1.35 ± 0.17 ab
SCC 23	0.40 ± 2.0e-03 e	0.74 ± 0.05 a	1.06 ± 0.04 cd	1.26 ± 0.10 bc	1.39 ± 0.15 ab
SCC 55	0.43 ± 3.8e-03 c	0.65 ± 0.01 a	1.06 ± 0.04 cd	1.39 ± 0.14 b	1.35 ± 0.15 ab
SCC 80	0.40 ± 1.5e-03 e	0.72 ± 0.01 a	1.20 ± 0.02 bc	1.38 ± 0.14 b	1.26 ± 0.30 ab

Nota: $n = 3$; medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: El autor

acidez medida en el análisis sensorial. En cuanto al amargo y la astringencia, todos los materiales tuvieron resultados similares, excepto por SCC 80 el cual obtuvo valores superiores. Dentro de los sabores específicos se resalta SCC 23 con un sabor superior

a frutal; finalmente dentro de los “otros” sabores el único material con sabores deseables como dulce y salado fue FEC 2 (material que presentó un índice de fermentación bajo), los demás se caracterizaron por sabores con defectos.

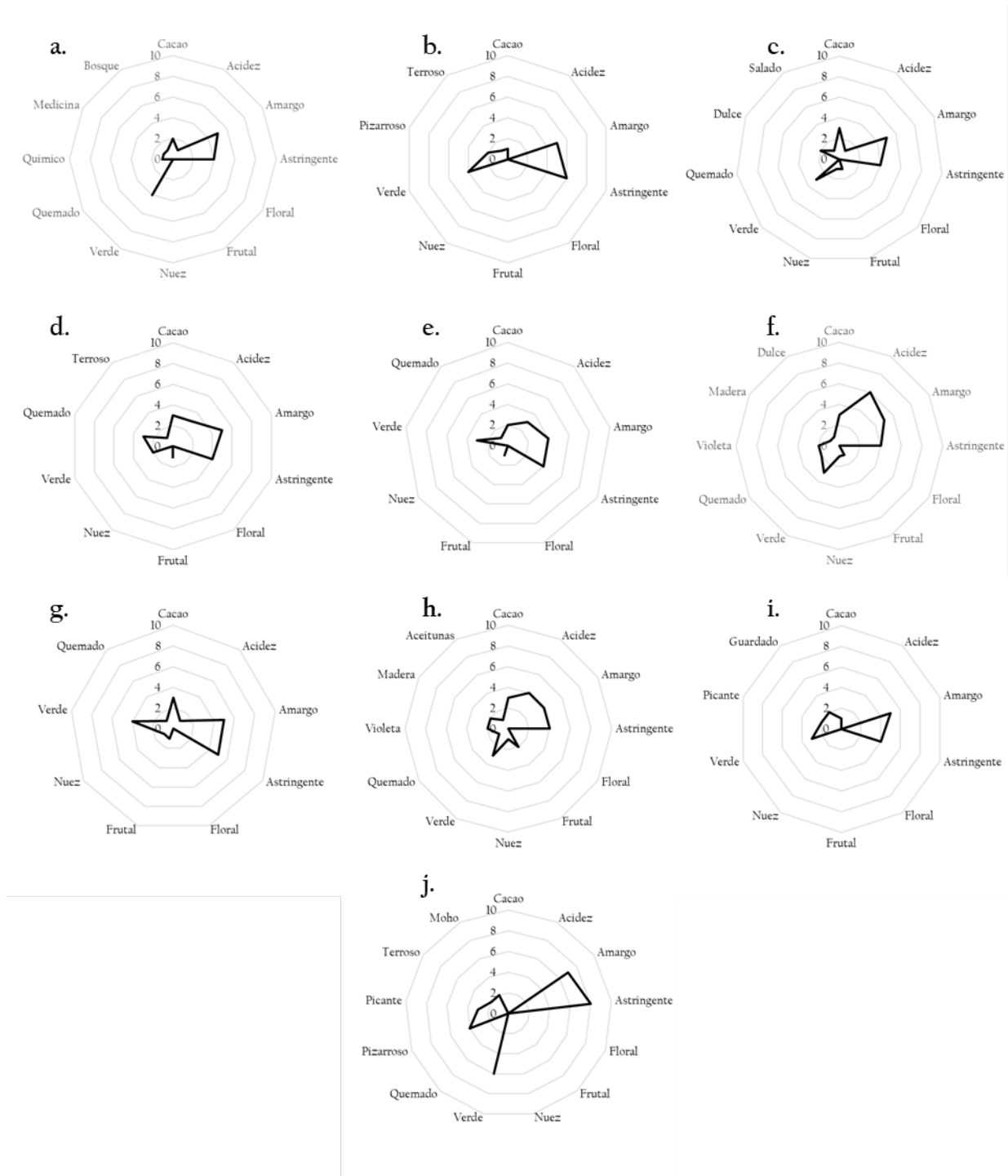


Figura 2. Perfiles sensoriales de licores de cacao de los materiales evaluados: a. CCN 51, b. FEAR 5, c. FEC 2, d. FLE 3, e. FSA 12, f. FSV 41, g. ICS 95, h. SCC 23, i. SCC 55, j. SCC 80.

4 Conclusiones

Los resultados mostraron diferencia significativa en cuanto a pérdida de peso, % de húmeda del cotiledón (día 0), % de humedad testa (días 0, 6, 9 y 12), pH cotiledón (días 0, 3, 6 y 9), pH de testa (días 0, 3 y 6) e índice de fermentación (días 0, 6, 9 y 12). De acuerdo con los resultados obtenidos no hubo relación de las variables fisicoquímicas evaluadas con los perfiles sensoriales. El material ICS 95 fue el que perdió menos peso, lo que refleja su importancia a nivel económico para los productores, pues harían un proceso eficiente al considerar que el cacao se paga de acuerdo con el peso. Por último, se destaca la importancia de realizar fermentaciones de cacao separando materiales con el objetivo de homogenizar la calidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Asociación de cultivadores de cacao aguacate y plátano del departamento del Tolima (ASOPACAO), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) y el Ministerio de ciencia tecnología e Innovación (Minciencias) por la financiación del proyecto Evaluación de las características físico-químicas, organolépticas y funcionales, de diferentes tipos de cacao (*Theobroma cacao*) para identificar clones elite y mejorar la competitividad en Colombia, del cual procede los resultados que se muestran en el artículo.

Referencias

- [1] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, “Colombia registró la mayor producción de cacao de la historia, en el último año cacaotero”, Bogotá, 2011.
- [2] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, “CADENA DE CACAO”, Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, 2021.
- [3] J. E. Kongor, M. Hinneh, D. V. Walle, E. Ohene Afoakwa, P. Boeckx y K. Dewettinck, “Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review”, *Food Research International*, vol. 82, no. 1, pp. 44-52, 2016.
- [4] Y.-K. Tee, S. K. Balasundram, P. Ding, A. H. Hanif y K. Bariah, “Determination of optimum harvest maturity and non-destructive evaluation of pod development and maturity in cacao (*Theobroma cacao* L.) using a multiparametric fluorescence sensor”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 99, no. 4, pp. 1700-1708, 2019.
- [5] J. S. Oliveira, K. Costa, L. B. Acurcio, S. H. Sandes, G. D. Cassali, A. P. Uetanabaro, A. M. Costa, J. R. Nicoli, E. Neumann y A. L. Porto, “In vitro and in vivo evaluation of two potential probiotic lactobacilli isolated from cocoa fermentation (*Theobroma cacao* L.)”, *Journal of Functional Foods*, vol. 47, no. 1, pp. 184-191, 2018.
- [6] N. Kumari, A. Grimbs, R. D´Souza, S. Kumar, M. Corno, N. Kuhnert y M. Ullrich, “Origin and varietal based proteomic and peptidomic fingerprinting of *Theobroma cacao* in non-fermented and fermented cocoa beans”, *Food Research International*, vol. 111, no. 1, pp. 137-147, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.010>
- [7] S. Zapata, A. Tamayo y B. Rojano, “Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano”, *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 18, no. 3, pp. 391-404, 2013.
- [8] J. Vera, C. Vallejo, D. Párraga, W. Morales, J. Macías y R. Ramos, “Atributos físico-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador”, *Ciencia y Tecnología*, vol. 7, no. 2, pp. 21-34, 2014. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>
- [9] M. López, J. Criollo, M. Hernández y M. Lozano, “Physicochemical and microbiological dynamics of the fermentation of the CCN 51 cocoa material in three maturity stages”, *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 41, no. 3, pp. 1-13, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019010>

- [10] Amanquah, D. T. (2013). Effect of Mechanical Depulping on the Biochemical, Physicochemical and Polyphenolic Constituents During Fermentation and Drying of Ghanaian Cocoa Beans (Doctoral thesis, University of Ghana, República de Ghana). Retrieved from <http://ugspace.ug.edu.gh/handle/123456789/5262>
- [11] P. Peláez, S. Guerra y D. Contreras, "Changes in physical and chemical characteristics of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans with manual and semi-mechanized transfer, between fermentation boxes", *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, no. 2, pp. 111-119, 2016. [10.17268/sci.agropecu.2016.02.04](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.04)
- [12] J. Rodríguez-Campos, H. Escalona-Buendía, S. Contreras-Ramos, I. Orozco-Avila, E. Jaramillo-Flores y E. Lugo-Cervantes, "Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa", *Food Chemistry*, vol. 132, no. 1, pp. 277-288, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.078>
- [13] C. Hii, C. Law y S. Suzannah, "Drying kinetics of the individual layer of cocoa beans during heat pump drying", *Journal of Food Engineering*, vol. 108, no. 1, pp. 276-282, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.017>
- [14] O. Torres, L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo, "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 Tropical*, vol. 54, no. 4, pp. 481-490, 2004.
- [15] E. Ohene, A. Paterson, M. Fowler y A. Ryan, "Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical Review", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 48, no. 9, pp. 840-857, 2008. <https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- [16] S. Jinap, P. Dimick, R. Hollender, "Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries", *Food Control*, vol. 6, no. 2, pp. 105-110, 1995. [https://doi.org/10.1016/0956-7135\(95\)98914-M](https://doi.org/10.1016/0956-7135(95)98914-M)
- [17] E. Portillo, L. Graziani y E. Betancourt, "Análisis Químico del Cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo," *Revista Facultad de Agronomía*, vol. 24, no. 1, pp. 522-546, 2007
- [18] J. Rodríguez-Campos, H. Escalona-Buendía, I. Orozco-Avila, E. Lugo-Cervantes y M. Jaramillo-Florez, "Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis", *Food Research International*, vol. 44, no. 1, pp. 250-258, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.028>
- [19] T.S. Ooi, A.S. Ting y E.F. Siow, "Influence of selected native yeast starter cultures on the antioxidant activities, fermentation index and total soluble solids of Malaysia cocoa beans: A simulation study", *LWT*, vol. 122, no. 1, pp. e108977, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108977>
- [20] J. Nsor-Atindana, F. Zhong, K. J. Mothibe, M. Lamine y C. Lagnka, "Quantification of Total Polyphenolic Content and Antimicrobial Activity of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Bean Shells", *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 11, no. 7, pp. 574-579, 2012.
- [21] N. Caporaso, M. Whitworth, M. Fowler y I. Fisk, "Hyperspectral imaging for non-destructive prediction of fermentation index, polyphenol content and antioxidant activity in single cocoa beans", *Food Chemistry*, vol. 258, no. 1, pp. 343-351, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.039>
- [22] J. Clautriaux, "Considérations sur l'analyse statistique de données sensorielles", *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 5, no. 3, pp. 155-158, 2001.
- [23] M. Hinneh, E. Enorkplim, D. Van de Walle, D. Tzompa-Sosa, A. De Winne, J. Simonis, K. Messens, J. Van Durme, E. Ohene Afoakwa,

- L. De Cooman, K. Dewettinck, “Pod storage with roasting: A tool to diversifying the flavor profiles of dark chocolates produced from ‘bulk’ cocoa beans? (Part II: Quality and sensory profiling of chocolates)”, *Food Research International*, vol. 132, no. 1, pp. 109116, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109116>
- [24] D. Sukha, D. Butler, P. Umaharan, E. Boulton, “The use of an optimised organoleptic assessment protocol to describe and quantify different flavour attributes of cocoa liquors made from Ghana and Trinitario beans”, *European Food Research and Technology*, vol. 226, no. 1, pp. 405-413, 2008. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0551-2>
- [25] E. Ohene Afoakwa, “The chemistry of flavour development during cocoa processing and chocolate manufacture” in *Chocolate science and technology*, E. Ohene Afoakwa, Ed. Chennai: Wiley & Sons, Ltd, 2016, pp. 154-169.