

Características físicas, fisicoquímicas y sensoriales de granos de cacao (*Theobroma cacao*) variedad FTA-4 cosechado en el departamento de Arauca evaluado en condiciones de fermentación y secado variables¹

Physical, physicochemical and sensory characteristics of cocoa beans (*Theobroma cacao*) variety FTA-4 harvested in the department of Arauca, evaluated under variable fermentation and drying conditions

J.E. Armenta, D. F. Olarte, J.A. Rincón, M.P. Rodríguez

Recibido: junio 6 de 2022 – Aceptado: junio 28 de 2023

Resumen— Las nuevas variedades de cacao como el clon FTA-4 proveniente del departamento de Arauca - Colombia, poseen una insipiente revisión científica, entonces se permitió evaluar el comportamiento del beneficio de granos. En la fase de fermentación, se analizó el tiempo de residencia del grano (4 días o 6 días) y durante la operación de secado se observó el comportamiento frente al secado natural solar y un secado convectivo asistido, las variables respuesta que se analizaron físicas como % de granos bien fermentados, índice de grano, variables de índole fisicoquímico como el % de grasa, de proteína y de cenizas totales, por último se evaluó las características sensoriales de sabor y aroma permitieron generar la evaluación. Se obtuvo una aumentada tasa de aprobación en granos que fermentaron por 6

días y cuyo secado en especial fue artificial (< 94% de granos bien fermentados), además que la relación entre los factores es determinante para aumentar o disminuir este parámetro. El índice de grano no se vio afectado significativamente por los factores, fue constante de $1,96 \pm 0,013$ g / grano. En el apartado fisicoquímico se reportó evidencia estadística de la incidencia del tipo de secado y el tiempo de fermentación, en la concentración tanto de proteínas como de grasa, siendo el secado artificial mejor para cacaos fermentados por 4 días aumentar el contenido de grasa (54.6 %p/p). La cantidad de proteína de granos de cacao aumento en granos secados naturalmente de 6 días ($11,51 \pm 0,071$ %) de fermentación sin tener una incidencia significativa de los factores independientes. Mediante un análisis sensorial se logró identificar el perfil del cacao FTA-4 de Arauca, y evaluado en las variaciones de los diferentes factores, identificando que granos secados naturalmente y fermentados por 6 días destacó en el panel destacó menor sensación de sabores y aromas ácidos y amargos que reducen la calidad del cacao en la producción de chocolate.

Palabras clave— Arauca, cacao, economía rural, fisicoquímica, análisis Sensorial, variedad nueva.

Abstract— The new varieties of cocoa, such as the FTA-4 clone from the department of Arauca - Colombia, have an incipient scientific review, so it could evaluate the behavior of the benefit of beans. In the fermentation phase, the residence time of the grain was analyzed (4 days or 6 days) and during the drying operation the behavior against natural solar drying and assisted convective drying was observed, the response variables that were analyzed physical as % of well-fermented grains, grain index, variables of a physicochemical nature such as % of fat, of protein and total ashes, finally the sensory characteristics of flavor and aroma were evaluated allowed to generate the evaluation. An increased approval rate was obtained in grains that were fermented for 6 days and whose drying was artificial (< 94% of well-fermented grains), in addition, the relationship between the factors is decisive to increase or decrease this parameter. The grain index was not significantly affected by the factors, it was constant at 1.96 ± 0.013 g/grain. In the physicochemical section, statistical evidence was reported of the incidence of the type of drying and the fermentation time, in the concentration of both proteins and fat, being the best artificial drying for fermented cocoas for 4 days to

¹ Producto derivado del proyecto de investigación “evaluación fisicoquímica y sensorial de cacao en grano variedad clonal FTA-4 producido en el departamento de Arauca, beneficiado mediante dos métodos de fermentación y secado”, apoyado por la Universidad de los Llanos a través del programa Ingeniería Agroindustrial y el grupo de investigación en Ciencia Tecnología e Innovación Agroindustrial CITIA.

J.E. Armenta, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, armentajhonesteban@gmail.com

D. F. Olarte, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA regional Arauca, Arauca, fabianolarte96@gmail.com

J.A. Rincon, AGROSAVIA Regional Meta, Villavicencio, Meta, jarincon@agrosavia.co

M.P. Rodríguez, Consultora Agroindustrial, docente universitaria y gestora de proyectos, mpatriciarr@gmail.com.

Como citar este artículo: Armenta J. A. et al., Physical, physicochemical and sensory characteristics of cocoa beans (*Theobroma cacao*) variety FTA-4 harvested in the department of Arauca, evaluated under variable fermentation and drying conditions., Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 17, no. 33, pp. 47-54, enero-junio 2023. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2829>.



increase the fat content (54.6 % w / w). The amount of cocoa bean protein increased in naturally dried beans from 6 days (11.51±0.071%) of fermentation without having a significant incidence of independent factors. Through a sensory analysis, it was possible to identify the profile of the FTA-4 cocoa of Arauca and evaluated the variations of the different factors identifying that naturally dried and fermented beans for 6 days I highlight in the panel highlight less sensation of acid and bitter flavors and aromas that reduce the quality of cocoa in the production of chocolate.

Keywords— Arauca, cocoa, rural economy, physical chemistry, sensory analysis, new variety.

I. INTRODUCCIÓN

EL municipio de Arauquita, departamento de Arauca en Colombia, tiene en la actividad agrícola uno de sus mayores potenciales de desarrollo [1] y es el primer productor de cacao (*Theobroma cacao*) en el ámbito departamental con un área en cultivo de 4.673 Ha, este cultivo representa uno de los dividendos comercializados de mayor importancia social y económica [2].

El clon de cacao FTA-4 (Federación Tame # 4), fenotípicamente expresa caracteres visibles en su fruto, resultado de la interacción entre su genotipo y el medio, cuando este inmaduro es degradado de rojo a verde en estado de inmadurez con rojo intermedio, avanzando a un color maduro rojo naranja, es un fruto de vientre amplio, grande en comparación con mazorcas de cacao de otros clones, ligeramente corrugado, con canales superficiales y granos de cacao grande, de forma ovalada con peso promedio 839,4 g, número promedio de semillas de 42, 2 por fruto, el cotiledón de esta variedad es violeta generalmente con dimensiones 27,8 x 15,5 x 11,46 mm (longitud, ancho, grosor respectivamente) [3]. La genética y manejo postcosecha del cacao determinan en un 70% las características y propiedades de un cacao de calidad y su productividad [4]. En el proceso de postcosecha involucra dos etapas clave, primero la fermentación y luego tiempo de secado, ya que en estas etapas donde se cogen moléculas y sustancias que más adelante en la tostión serán sabores que dotan de interés al cacao para avaluarlo como de alta calidad [4], de modo que la genética y el medio de cultivo permiten al de cacao la generación de atributos propios, como el sabor, aroma, índice de grano y contenido graso entre otras. Por lo anterior, el objetivo de la investigación es evaluar las características físicas, fisicoquímicas y sensoriales de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad FTA-4 cosechado en el departamento de Arauca, evaluado en condiciones de fermentación y secado variables.

II. METODOLOGÍA

A. Elección de la variedad clonal de cacao

La variedad clonal de cacao FTA-4 se encuentra disponible en el departamento de Arauca recolectado de fincas ubicadas en el departamento de Arauca, más precisamente en los municipios de Arauca, Arauquita, Fortul y Tame cosechados, se habilitó una bodega en la finca “Los Abarcos”, vereda La Pica, municipio de Arauquita, el material clonal de

cacao FTA-4, se seleccionó y clasificó rigurosamente para garantizar la calidad del material como lo establece la Norma Técnica Colombiana: Para el cacao en grano, (NTC) 1252 / 2012 [5].

B. Muestreo de material seleccionado

El beneficio postcosecha del cacao se realizó como lo establece la NTC 5811 / 2010. Buenas prácticas agrícolas para cacao. Recolección y beneficio - Requisitos generales [6]. Se determinó la cantidad de grano fresco en baba utilizada para la fermentación mediante la ecuación 1, calculando un n muestral para la población infinita requerida para el diseño experimental siguiendo los parámetros probabilísticos de un muestreo aleatorio simple [7].

$$n = \frac{(1-\alpha)^2 \cdot p \cdot q}{\alpha^2} \quad (1)$$

Donde, α es nivel de significancia, p es porcentaje de la población que tiene el atributo deseado q porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado. Obteniéndose una cantidad de 384,16 Kg para la fermentación para su distribución en los respectivos ensayos.



Fig. 1. Variedad clonal de cacao FTA-4 proveniente del departamento de Arauca [3], Fuente: Federación Nacional de Cacaoteros, “Características de materiales de cacao colombiano.”, 2020 y Los autores.

C. Técnica de fermentación estándar

Es el proceso que continua después del desgrane, consiste en apilar los granos durante varios días con el fin de que los microorganismos descompongan el mucílago (la pulpa blanca y azucarada que envuelve los granos). Se inició la fermentación ubicando el cacao en cajones de madera de cedro *Cedrela odorata* con dimensiones de 65 cm de alto, 90 cm de largo y 45 cm de ancho. El cacao en baba se almacenó y cubrió con hojas de plátano musaceae, luego con sacos de polipropileno 100% virgen, material tipo reciclable, con aprobación de normas ICONTEC [5], para estar en contacto con alimentos y protección UV en ese orden respectivo.

D. Volteos fermentativos

Los volteos se realizaron como propone la NTC 1252 y en concordancia con lo expresado por Sarbu. [5], [8], permite controlar la temperatura para producir la muerte del germen o embrión e inicia los cambios bioquímicos y las reacciones enzimáticas en el interior de las almendras de cacao, reacciones que van a ser responsables de la formación de los compuestos precursores del sabor a chocolate.

Con el fin de generar homogeneidad en la fermentación de toda la biomasa, se registró la temperatura cada 24 horas y se procedió a realizar los volteos 12 horas [9], para controlar el comportamiento de la biomasa de cacao durante el proceso.

Pasados los días de fermentación asignados a cada ensayo, el cacao fermentado se empaco y traslado hacia la vereda Las Bancas del municipio de Arauquita donde se dio inicio al proceso de secado.

E. Secado artificial

Se llevó a cabo en un secador de granos mediante aire caliente con fondo falso circular SGV 300, de 100 kg/batch, 7.5 kW, la deshidratación se realiza mediante convección donde el aire es impulsado por un ventilador y se calienta mediante un quemador a gas con una temperatura de aire no mayor a 60 °C tal y como propone el Manual de beneficio de cacao [9]. El cacao fermentado se dispuso en la cámara de secado hasta llegar a una humedad interna del grano de 7% registrada con Medidor de Humedad De Granos Md-7822 especial para cacao.

F. Secado natural

Los granos de cacao fermentados se extendieron en una cama de caña brava en capas de 5 cm de alto aproximadamente, y giradas por rastrillo manualmente cada 3 horas hasta alcanzar humedades inferiores a 8%, el lugar de secado estaba dotado con un techo retráctil que protegió de la lluvia, adicionalmente se cubrieron las camas con linos (toldillo) evitando el contacto de insectos y otros vectores.

G. Análisis físico de granos de cacao

El análisis físico de los granos de cacao en cada una de sus muestras se realizó en la empresa Mariana Cocoa Export Ltda. con Número de Identificación Tributaria. NIT: 804.016.004 - 6, fundada en 2003, cuyo objeto social principal es aumentar el valor de la Agro- cadena del Cacao y sus derivados. El análisis físico se llevó a cabo mediante la metodología

dispuesta por la NTC 1252 de 2012 [5] por lo que se siguen los siguientes protocolos.

1) Porcentaje de Fermentación (% Fermentation)

La determinación de granos bien fermentados, insuficientemente fermentados, pizarrosos, mohosos, pasilla, germinados, dañados por insectos.

2) Índice de grano (Grain Index)

Es un parámetro gravimétrico que se refiere a la masa en granos de 100 granos de cacao.

H. Análisis físicoquímico de granos de cacao.

Los análisis de proteínas, grasas y cenizas se llevaron a cabo en el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICTA) de la Universidad Industrial de Santander. Se realizó un análisis proximal parcial, por métodos analíticos aprobados por la AOAC.

1) Contenido de grasa, (% Fat)

Método de Soxhlet AOAC 963.15.

2) Contenido proteico (% Protein)

Nitrógeno total en productos de cacao AOAC 970.22

3) Cenizas totales (%Total Ash)

Determinación por Gravimetría (600°C) AOAC 972.15

I. Análisis y evaluación del perfil sensorial de granos de cacao.

Se realizó una prueba sensorial descriptiva-cuantitativa en una escala intervalo estructurada (Tabla I) donde los granos de cacao son sometidos a tostado a 120 °C por 45 min para posteriormente ser evaluada por un panel de cata conformado por tres catadores de la compañía Mariana Cocoa Export Ltda. En la ciudad de Bucaramanga-Santander para identificar los siguientes sabores cacao, acidez, amargo, astringencia, floral, frutal, nuez y verde para construir el perfil del clon FTA-4.

Los resultados fueron establecidos por consenso de parte de los catadores tal y como sugiere la Federación Nacional de Cacaoteros. (Federación Nacional de Cacaoteros, 2020).

TABLA 1

ESCALA DE INTENSIDAD DEL SABOR. INTENSIDAD-SIGNIFICADO
0 AUSENTE 1-2 BAJO 3-5 MEDIO 6-8 MEDIO-ALTO 9-10 ALTO
FUENTE: MARIANA COCOA EXPORT.

Intensidad de sabor	Significado
0	Ausente
1-2	Bajo
3-5	Medio
6-8	Medio alto
9-10	Alto

J. Método de análisis estadístico y sensorial.

Los resultados obtenidos para análisis físico y físicoquímicos fueron sometidos a análisis estadístico en el software StatGraphics Centurion XVI. Los resultados de análisis sensorial fueron definidos en consenso por el panel de

catadores expertos se usaron los métodos sugeridos por Liria, Torres [10], [11].

III. RESULTADO Y DISCUSIONES

A continuación, en la Tabla II se muestra el resumen del diseño experimental aplicado para variable fisicoquímicas, físicas y sensoriales.

TABLA II
RESUMEN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Factores:	2	Diseño de la base:	2. 4
Corridos:	12	Réplicas:	3
Bloques:	1	Puntos centrales (total):	0

A. Análisis físico de granos de cacao

Mediante la evaluación de medias muestrales (Tabla III), se encontraron los valores de probabilidad (valor-p), en el efecto que los factores tiempo de fermentación (A) y tipo de secado (B) tuvieron sobre las respuestas % de granos bien fermentados (% Ferment) e índice de grano (Grain Index). La Tabla III descompone la variabilidad del % FERMENTATION y GRAIN INDEX en contribuciones debidas a los factores.

Como supuesto del modelo se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores.

TABLA III
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRANOS.

Factor evaluado	% Ferment.	Grain index
	Valor-p	Valor-p
A: Fermentation time	0	0,2229
B: Drying	0,0013	0,9014
AB	0,0001	1

Los valores-P (% Ferment y Grain Index) prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que α (0,05), estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre % FERMENTATION con un 95,0% de nivel de confianza.

Esto describe que los factores de experimentación A y B (Tiempo de Fermentación y Tipo de Secado respectivamente) afectan la respuesta % de granos bien fermentados (% Ferment) ($74,67 \pm 21,66\%$) significadamente.

Productos de las reacciones de fermentación y la temperatura participan en la muerte del embrión, la muerte del embrión es indispensable para que se desencadenen los procesos bioquímicos que tienen lugar dentro del grano [3]. Lo que ocasiona la presencia o ausencia de defectos fermentativos como granos pizarrosos o violáceos [12].

El tiempo de fermentación dependerá de las condiciones de temperatura del lugar y puede ser de 2 a 6-7 días según se trate de cacaos de origen criollo, trinitario o amazónico [5], [6], [12]. Resultado contrario al grado fermentación de cacao fermentados en la región de Urabá y Guayas [9], [14] la fermentación con cacaos trinitarios no superó los 4 días, para alcanzar el umbral de 87% de granos bien fermentados.

Además, se observa, que la interacción produjo un efecto probabilístico significativo para mejorar la tasa de fermentación cuando el tiempo de 6 días asociado con secado artificial o secado asistido (unnatural drying). La Federación Nacional de Cacaoteros sugiere que el factor tiempo de fermentación está ligado a la temperatura ambiental regiones como Támesis (Suroeste de Antioquia), la fermentación tarda entre 5-6 días porque la temperatura es más baja [3], similar a lo evidenciado durante el estudio con el clon de cacao araucano FTA -4 valores por encima del 85% de granos bien fermentados. Entonces, se evidenció en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a). que el tiempo de fermentación de 6 días mejoro notablemente el porcentaje de granos bien fermentados puesto redujo en 50% la cantidad de granos pizarrosos o mal fermentados.

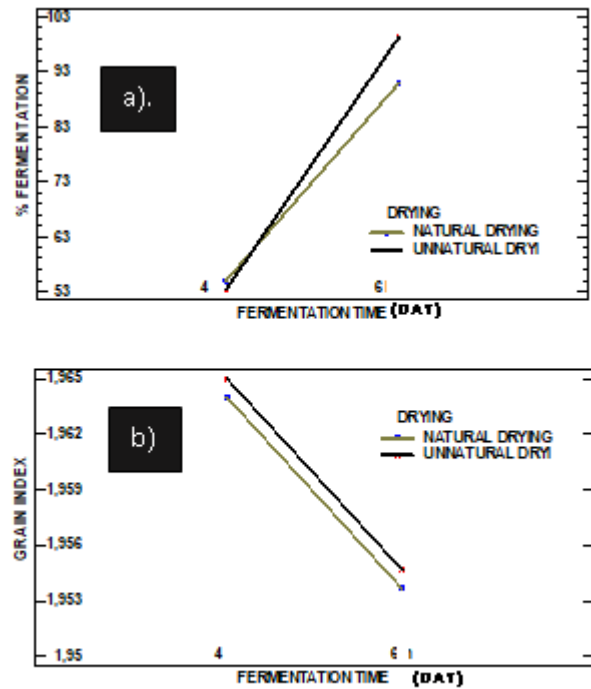


Fig. 2. Gráfico de interacciones para respuestas físicas a). Porcentaje de granos bien fermentados b). índice de grano peso unitario promedio, en granos de cacao FTA-4 generados por los factores tiempo de fermentación (A) y tipo de secado (B).

Caso opuesto para la variable física índice de grano (Grain Index) ($1,96 \pm 0,013$ g / grano) cuyos valores de probabilidad (Valor - p > 0,05) para los factores evaluados acreditan que el cambio de niveles en los factores A y B no contribuyen a un efecto significativo con un 95,0% de nivel de confianza. De igual manera estudios realizados en Santander describe Quintana las variables poscosecha e inclusive la altitud de establecimiento del cultivo no inciden significativamente en este parámetro, que está ligado estrechamente a la genética varietal, y a las condiciones edafológicas [15].

Se observó entonces que la incidencia de los factores tiempo de fermentación A y tipo de secado aplicado a los granos de cacao FTA-4 sobre el índice de grano (Grain Index) Fig. 2. b). O lo que es equivalente al peso promedio de 1 grano de cacao, no fueron significativas con respecto a la diferencia

de medias, eso traduce que no hay una relación irrefutable entre el tiempo de fermentación (4 y 6 días) o el tipo de secado aplicado (natural drying & unnatural drying), en concordancia con lo expuesto Dr. Ayeni que atribuye variaciones a esta característica a temas de nutrición y salud del cultivar [16].

B. Análisis fisicoquímico de granos de cacao.

Los resultados de las variables fisicoquímicas se muestran a continuación:

- %FAT (53,78±0,64%)
- %PROTEIN (11,51±0,071%)
- %TOTAL ASH (53,78±0,64%)

La Tabla IV descompone la variabilidad de los % FAT (contenido de grasa en porcentaje p/p), %PROTEIN (contenido de nitrógeno total %proteína p/p), % TOTAL ASH (contenido de cenizas por calcinación a 600 °C % cenizas totales) en contribuciones debidas a los factores tiempo de fermentación (Fermentation Time, A), tipo de secado (Drying, B), y la interacción AB.

Los Valores de probabilidad (valores-p) para la media muestral prueban la significancia estadística de cada uno de los factores descritos A, B y la interacción AB. Valores-p menores a α (0,05), corresponden a factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre las características fisicoquímicas evaluadas con un 95,0% de nivel de confianza.

TABLA IV
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS DE GRANOS

	% FAT	%PROTEIN	%TOTAL ASH
	Valor-P	Valor-P	Valor-P
A: FERMENTATION TIME	0,0784	0,3568	0,549
B: DRYING	0,1423	0,0234	0,1825
AB	0,0137	0,0045	0,84

De este modo se consolida contundentemente que la interacción de los factores AB evaluados presenta un efecto significativo (Valor - p < 0,05) en la variación de la cantidad de proteína y grasa final en los granos de cacao FTA-4. Están afectadas significativamente por la combinación de factores en especial el tipo de secado para la cantidad de proteína. Se entiende que la fermentación inicia cambios bioquímicos y reacciones enzimáticas [16], al interior de las almendras de cacao, esto sumado al tipo de secado empleado en asociación aumentaron la incidencia en la cantidad de proteínas.

La Fig. 3, refleja la relación entre variables fisicoquímicas en términos del efecto producido por los diferentes niveles del tiempo de fermentación (A) y tipo de secado (B), se puede evidenciar la incidencia en cada respuesta, como también permite construir los rangos de variabilidad generados por cada factor.

Se observó que los granos de cacao secados naturalmente, que fueron fermentados por 4 días con respecto a granos de cacao secados artificialmente por 6 días experimentaron diferencias significativas en su contenido de grasa, estudios en

la provincia de Guayas, Ecuador publicaron el contenido de grasa de granos de cacao comerciales en dicho país fueron de 54% [14], para granos de cacao y granos de cacao fermentados 4 días secados naturalmente obtuvieron valores superiores a 54,5% mientras que granos de cacao secados artificialmente fermentados por el mismo periodo de tiempo mencionado, redujeron este parámetro de referencia inferior (53,4%), además lo observado en granos de fermentación de 4 días secado artificialmente cuyo valor de grasa aumento cuando aumentaron los días de fermentación a 6 días hasta 53,8%, nótese que estos cambios analizados individualmente no son significativos pero que al mezclar el efecto de ambos factores es posible evidenciar que si hay una relación sinérgica entre el tipo de secado, el tiempo de fermentación y el contenido de grasa.

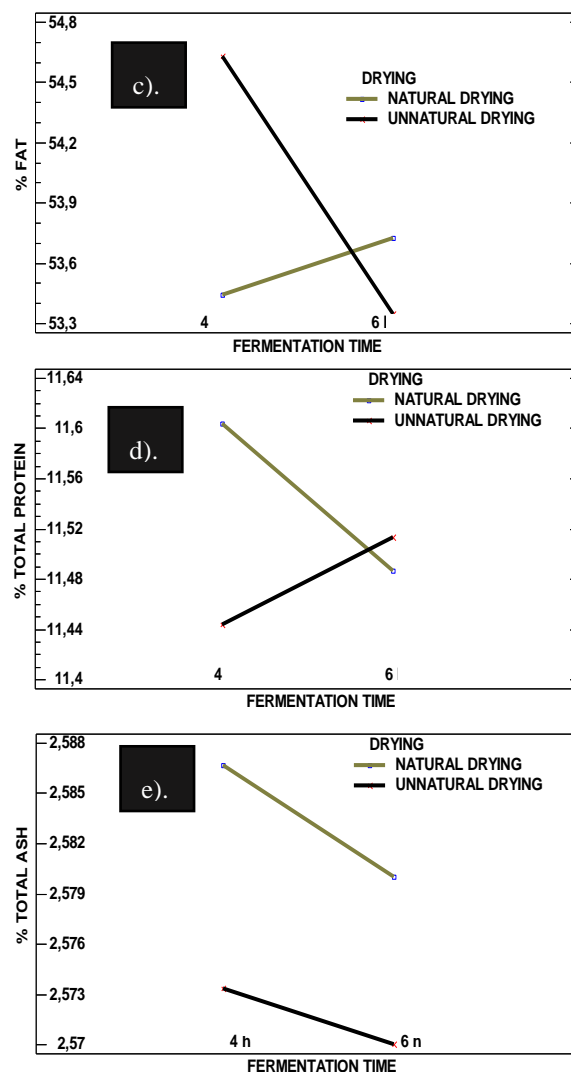


Fig. 3. Gráfico de interacción para respuestas fisicoquímicas c). %FAT (contenido de grasa en porcentaje p/p), d). %PROTEIN (contenido de nitrógeno total %proteína p/p), e). %TOTAL ASH (contenido de cenizas por calcinación a 600 °C %cenizas totales p/p).

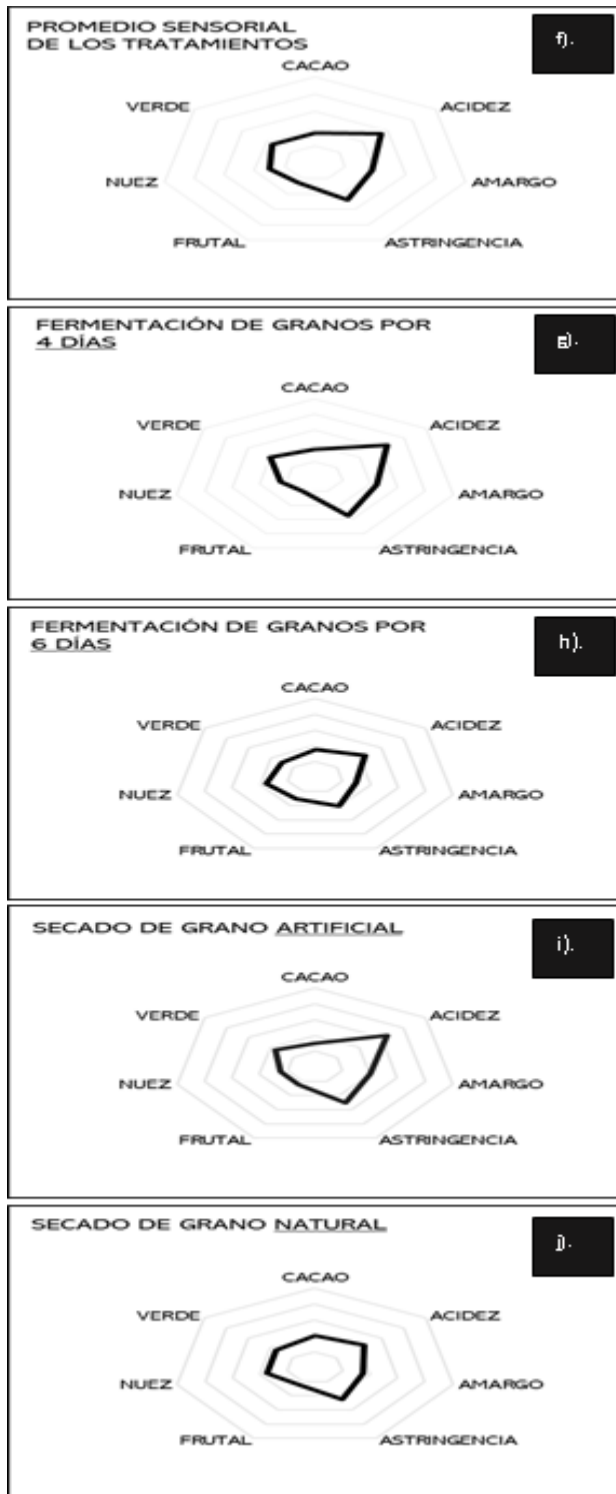


Fig. 4. Diagrama radial con marcadores de perfil sensorial de licor cacao clon FTA-4 sometidos a tostado por 45 min a 120 °C, molido para formar licor de cacao, posteriormente evaluada por un panel de cata conformado por tres catadores de la compañía Mariana C, Resultados anexos*

La fermentación alcohólica provoca una elevación de la temperatura al mismo tiempo que una disminución de pH. Algunas levaduras producen enzimas pectolíticas [12], por ende la variación en la cantidad de proteína por efecto del cambio en el tiempo de fermentación puede no ser significativa, algunos se autores se animaron a afirmar que en

los primeros días de fermentación ocurren rupturas de estructuras proteicas.[12], [17], [18]. De modo que también este efecto favorecería al secado debido a que las paredes celulares se rompen en la pulpa provocando el drenaje y la formación de micro espacios entre las almendras a través de las cuales el aire podría penetrar [17].

Entonces, la interacción de los factores AB para %FAT (contenido de grasa en porcentaje p/p) por análisis de varianza para la media indica afectación relevante, esto significa que el cambio únicamente del tiempo de fermentación o del tipo de secado, aplicado de manera independiente a los granos de cacao del clon FTA -4 no afectan significativamente. Servent y colaboradores afirman que realmente hay una relación entre la fermentación, contenido de gasa y contenido de proteínas, de tal manera que esta relación es negativa, el contenido total de grasa se mantuvo estable durante toda la fermentación, las disminuciones en el contenido de proteínas y polifenoles se relacionaron con el aumento del contenido de grasa mediante una fuerte interacción negativa [20].

Pérez Mora afirma diferencias pequeñas en algunos componentes del cacao repercuten en diferentes propiedades organolépticas del chocolate [21]. Las cenizas totales (% Total Ash) determinadas para las muestras de cacao del clon FTA -4 no presentaron cambios significativos como efecto del cambio en los niveles de los factores evaluados, su interacción débil con respecto a las variaciones efectuadas en los factores A y B, así como en la interacción AB, no generan cambios en la media significativos. De manera que, a pesar de no evidenciarse cambios significativos cuantitativamente en esta respuesta, pueden existir correlaciones como la expresada por Pérez et al. Que indiquen cambios perceptibles organolépticamente [21].

C. Análisis y evaluación del perfil sensorial de granos de cacao FTA-4.

En el perfil sensorial (Fig.4) se evidencio que los tratamientos aplicados sobre los ensayos de cacao de la variedad Clonal FTA - 4 evaluados a todos los niveles presento sabores dominantes amargos, ácidos y astringentes con un reducido gusto a frutas, nuez o flores. El gusto acidificado con especial atención fue el sabor que, con mayor percepción identificado por los evaluadores, en especial muestras de cacao que fermentaron durante 4 días cuya identidad fue principalmente acida, amarga.

El producto más importante del cacao es el chocolate y es sabido que en gran medida el placer de consumir este alimento es proporcionado por su peculiar sabor astringente y típico aroma, el aroma en variedades forasteras en su gran mayoría presenta sobresalientes notas de sabores ácidos y amargos, y una taza baja de detección de aromas frutales y a nuez esta combinación normalmente es asociada a sabores ordinarios[22], a diferencia de los criollos, frutos de aroma fino donde el comportamiento sensorial es opuesto. Los aromas del cacao que repercuten en la detección sensorial de la evaluación son producidos en la pulpa durante la fase de fermentación que migran dentro del grano, mejorado y retenido durante el periodo de secado [22].

Muestras de cacao sometidas a 4 días de fermentación expresaron mayor gusto acido, que enmascara otros sabores de

relacionados al fino aroma, mientras que la fermentación de 6 días expuso un aumento en la sensación de sabores asociados a aromas finos (nueces o frutas) adicionando una reducción de la percepción de acidez sin disminuir la puntuación de astringencia también importante. Se pudo resaltar de la evaluación que la sensación de acidez se redujo levemente cuando el secado del grano fue natural, además que valores asociados a este parámetro como la sensación de amargo o astringencia también redujeron la intensidad sensorial para los panelistas en granos que fueron secados por radiación solar natural, resaltando que el sabor umami del cacao se expuso en mayor valor para los jueces también en granos que fueron secados por este método.

Los diferentes compuestos volátiles y no volátiles producidos durante el proceso de fermentación-secado se consideran indicativos de la calidad de los granos de cacao. De manera que el cacao forastero se clasifica como de baja calidad, el trinitario como de calidad intermedia y el criollo como de mayor calidad [22], [23].

IV. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió reducir la brecha tecnológica entre variedades nuevas de cacao desarrolladas en Arauca como la FTA-4 con las tradicionales ya explotadas en el departamento y el país, la definición del perfil sensorial, y la construcción del procedimiento de beneficio correspondientes a la fase de fermentación y tipo de secado son indispensables para la inserción productiva, el sabor amargo es importante resaltarlo además de las notas frutales para que la clasificación sea de cacao de fino aroma, sin embargo esta variedad presente un marcado sabor ácido en todos los niveles, en menor proporción cuando la fermentación fue de 6 días. Además, es deseable aumentar la tasa de fermentación y el porcentaje de grasa, por ende, se recomendaría fermentarlo por 6 días en condiciones estándar, secarlo naturalmente hasta humedad inferior a 8%.

AGRADECIMIENTOS

El grupo de autores extiende un reconocimiento gigante al talento humano del grupo de investigación en ciencia tecnología e innovación agroindustrial CITIA, también se extienden agradecimientos a la Universidad de los Llanos y la Facultad De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, también es necesario reconocer el inalcanzable apoyo de los cacaoteros araucanos que permitieron hacer realidad el proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Universidad de los Llanos y Gobernación de Arauca, "Línea base de información sobre aspectos biofísicos, socioculturales, económicos y tecnológicos del Departamento de Arauca", núm. 532, p. 116, 2016.
- [2] C. L. Suarez, R. R. Hidalgo, y M. V. Bacci, "Cacao como oportunidad productiva, de Arauquita y Puerto Rondón.", *Pap. Knowl. Toward a Media Hist. Doc.*, pp. 1–21, 2017.
- [3] Federación Nacional de Cacaoteros, "Características de materiales de cacao colombiano.", 2020.
- [4] C. Woda, A. Martínez, V. González, M. López, y R. Tejada, "Genética y calidad Componentes esenciales de la estrategia nacional de cacao", 2016.
- [5] ICONTEC, "Norma Técnica Colombiana 1252." p. 12, 2012.

- [6] ICONTEC, "NTC 5811 Buenas prácticas agrícolas para cacao. Recolección y beneficio. Requisitos generales", *Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao. Recolección y beneficio. Requisitos Generales.* p. 28, 2010.
- [7] R. E. Walpole, "Probabilidad y Estadísticas, Walpole 6 ED - En Español.pdf". p. 752, 1999.
- [8] I. Sarbu y O. Csutak, *The microbiology of cocoa fermentation.* Elsevier Inc., 2019.
- [9] G. Cubillos, G. Merizalde, y E. Correa, "Manual De Beneficio Del Cacao", *Secr. Agric. Antioquia*, pp. 19–27, 2008.
- [10] M. R. Domínguez Liria, "Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos", *Inst. Investig. Nutr. Consult.*, pp. 2–45, 2007.
- [11] C. A. Torres, L. A. Romero, y R. I. Diaz, "LWT - Food Science and Technology Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity", *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 62, núm. 2, pp. 996–1003, 2015.
- [12] C. W. Arciniegas Paspuel, O. G. Álvarez Hernández, S. R., Castro Morales, L. G., & Maldonado Gudiño, "Optimización de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) de especies cultivadas en los departamentos de Meta Y Guaviare- Colombia. Revisión de literatura", Pontificia Universidad Javeriana - Bogota D.C., 2021.
- [13] J. S. O. Quiroz y M. C. B. Espinoza, "Evaluación de la actividad citotóxica y antimicrobiana de glicoalcaloides esteroidales de las hojas de *Solanum albidum* Dunal y *Solanum oblongifolium* Dunal", *Univ. Nac. MAYOR SAN MARCOS*, 2009.
- [14] C. Erazo, *Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L), en el cantón El Empalme provincia Guayas.* 2019.
- [15] F. L. Quintana Fuentes, S. Gómez Castelblanco, A. García Jerez, y N. Martínez Guerrero, "de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia Characterization of three indexes of cocoa harvest of the clones CCN51, ICS60 and ICS 95 in the santandereana mountain, Colombia", *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.*, vol. 6, núm. Volumen 6 Número 1 – enero-junio, pp. 253–266, 2015.
- [16] L. S. Ayeni, "Effect of Combined Cocoa Pod Ash and NPK Fertilizer on Soil Properties, Nutrient Uptake and Yield of Maize (*Zea mays*)", *J. Am. Folk.*, vol. 6:3, núm. 103, pp. 79–84, 2010.
- [17] C. L. Ludlow *et al.*, "Independent Origins of Yeast Associated with Coffee and Cacao Fermentation", *Curr. Biol.*, vol. 26, núm. 7, pp. 965–971, 2016.
- [18] R. Vanderschueren *et al.*, "The impact of fermentation on the distribution of cadmium in cacao beans", *Food Res. Int.*, vol. 127, núm. September 2019, p. 108743, 2020.
- [19] I. M. da V. Moreira, M. G. da C. P. Miguel, W. F. Duarte, D. R. Dias, y R. F. Schwan, "Microbial succession and the dynamics of metabolites and sugars during the fermentation of three different cocoa (*Theobroma cacao* L.) hybrids", *Food Res. Int.*, vol. 54, núm. 1, pp. 9–17, 2013.
- [20] A. Servent *et al.*, "Assessment of cocoa (*Theobroma cacao* L.) butter content and composition throughout fermentations", *Food Res. Int.*, vol. 107, núm. February, pp. 675–682, 2018.
- [21] W. Pérez-Mora, J. V. Jorin-Novoy, y L. M. Melgarejo, "Substantial equivalence analysis in fruits from three *Theobroma* species through chemical composition and protein profiling", *Food Chem.*, vol. 240, núm. July 2017, pp. 496–504, 2018.
- [22] E. M. Castro-Alayo, G. Idrogo-Vásquez, R. Siche, y F. P. Cardenas-Toro, "Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa", *Heliyon*, vol. 5, núm. 1, 2019.
- [23] R. Ciferri y F. Ciferri, "The Evolution of Cultivated Cacao", *Evolution (N. Y.)*, vol. 11, núm. 4, p. 381, 1957.



Jhon Esteban Armenta Roncancio. Nació en Bogotá D.C., Colombia el 30 de agosto 1992, integrado a la industria alimentaria desde 2010, con formación técnica profesional en gastronomía y profesional en ingeniería agroindustrial egresado de la Universidad de los Llanos. Destacado como estudiante en el área de investigación y desarrollo obtuvo tesis meritoria y múltiples galardones institucionales de reconocimiento, cuenta con experiencia en la industria de alimentos desarrollando productos y tecnologías, cuenta adicionalmente con certificaciones en sistemas integrados de gestión y es auditor externo de

Calidad ISO 9001/15, ha realizado procesos de generación de conocimiento en Medellín, San Vicente de Chucurí y en el Instituto de Acuicultura de los Llanos IALL, además pertenece desde el año 2018 al Grupo de Investigación en Ciencia Tecnología E Innovación Agroindustrial (CITIA). Actualmente es estudiante de maestría en ciencia y tecnología de alimentos en la UNAL sede Medellín. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8421-2590>.



Davinson Fabian Olarte López: Ingeniero agroindustrial de la Universidad de los Llanos, oriundo del departamento de Arauca y apasionado de la industria alimentaria. Experiencia en; gestión de procesos alimentarios en toda la cadena productiva, transformación de materias primas alimentarias en empresas públicas y privadas, formulación y seguimiento de proyectos de investigación y desarrollo financiados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación a

partir de aceite vegetal usado y cacao a través de prototipos en proceso y producto. Experiencia impartiendo formación profesional integral para el trabajo, en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en ambientes presenciales y virtuales para el sector industrial y de servicios. Actualmente llevo a cabo procesos de investigación en la cadena de suministro del cacao en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) como candidato a magister en gerencia en la cadena de abastecimiento en la Universidad EAN. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3101-3296>.



Jhon Alexander Rincon Reina: Ingeniero agroindustrial graduado de la Universidad de los Llanos en el año 2019, en la ciudad de Villavicencio- Colombia. enfocado a la investigación y desarrollo de proyectos, con experiencia en dirección de planta operativa, Investigador y formulador en proyectos de investigación e innovación agroindustrial. Coinvestigador en el proyecto “Dermochocolate” sofisticación de producto con ingredientes

cosmeceuticos a base de Theobroma Cacao, una apuesta de innovación para la empresa que impacta la región, desarrollo como Investigador principal en el proyecto “Fihizu bálsamo restaurador” producto cosmético innovador con funcionalidades para prevenir y, avalo el proyecto titulado evitar estrías, realizados bajo la línea SENAINNOVA en conjunto con el Ministerio de Ciencia y Tecnología (Minciencias). Investigador adscrito a la red de frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, integrante del grupo de investigación Innovación Tecnológica de Procesos Agroindustriales para el Desarrollo Rural. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2559-658X>.



María Patricia Rodríguez Rojas es Ingeniera Química de la Universidad de Los Andes, de Mérida, Venezuela (2001) y Doctora en Ingeniería de Procesos y Ambiente del Instituto Nacional Politécnico de Toulouse en Francia (2007). Actualmente forma parte del Grupo de Investigación Ciencia, Tecnología e Innovación Agroindustrial (CITIA), ha investigado en el área de emulsiones, biodigestores y cacao. Tiene una

amplia carrera docente en Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental, e Ingeniería Agroindustrial. Ha participado en procesos de apropiación social del conocimiento apoyando a productores y transformadores cacaoteros, cafeteros y lecheros del departamento del Meta y Cundinamarca (Colombia). Tiene experiencia profesional en destilación y recobro mejorado de crudo, gestión de residuos, cannabis medicinal y desarrollo de productos (alimentos funcionales). Hace parte del Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia, del Colegio de Ingenieros de Venezuela y de la Sociedad Francesa de Ingeniería de Procesos. Se desempeña como consultora independiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7068-3615>