

MÉTODOS DE FERMENTACIÓN DEL CACAO NACIONAL (THEOBROMA CACAO) Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, CONTENIDO DE CADMIO Y PERFILES SENSORIALES

FERMENTATION METHODS OF NATIONAL CACAO (THEOBROMA CACAO) AND ITS INFLUENCE ON THE PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS, CADMIUM CONTENT AND SENSORY PROFILES

JHONNATAN ALDAS¹, JUAN NEIRA², KAROL REVILLA³, SUNGEY SÁNCHEZ⁴

1 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. jhonnatan.aldas2015@uteq.edu.ec

2 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. neiramosquera@uteq.edu.ec

3 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. karol.revilla2015@uteq.edu.ec

4 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. snsanchez@espe.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación es parte del "Proyecto FOCICYT PFOC 5-14-2017 UTEQ" tuvo como objetivo determinar la variabilidad de tres tipos de cacao nacional (criollo, forastero y trinitario) y el efecto de los días de fermentación (día 1, día 3, día 4, día 5) considerando tres métodos (cajones en cascada, saco de yute, fermentación controlada) y dos zonas de cultivo (Vinces y Baba), además se realizó análisis del contenido de Cd. Para la evaluación de las características físico-químicas se empleó un diseño anidados con 12 tratamientos y 3 repeticiones. En cuanto a los perfiles sensoriales se utilizó un diseño A*B*C con 18 tratamientos y 3 repeticiones. Determinando que el método fermentación controlada - Vincas con el cacao Criollo obtuvo mejores resultados en pH almendra (5.20); pH testa (5.16) y acidez titulable (0.80). Considerando los días de fermentación, los mejores resultados fueron pH almendra: 6.35; 5.01; 5.18 y 4.94 en fermentación controlada - Baba. Para pH testa: 4.15; 4.44; 4.98; 5.57 en Cajones en cascada - Vincas. Por consiguiente, acidez titulable en Fermentación controlada - Baba situó óptimos valores: 0.88; 1.51; 1.47; 0.82. De acuerdo al análisis sensorial el tratamiento Fermentación controlada + Criollo + Baba presentó mejores resultados en las categorías aroma (4), acidez (1.00), amargor (1.67), astringencia (1.00), pos gusto (3.67), calidad (8.88), resaltando los sabores: cacao, nuez, frutal, floral. El estudio de Cadmio demostró valores que no suponen ningún riesgo al consumidor en todos los tipos de cacao y sistemas de fermentación antes mencionados, siendo alrededor de < 0.01 mg/kg.

PALABRAS CLAVE: fermentación, métodos, cultivos, tratamiento, calidad.

ABSTRACT

The present research is part of the "FOCICYT PFOC Project 5-14-2017 UTEQ" which aimed to determine the variability of three types of the Ecuadorian cocoa (*Criollo*, *Forastero* and *Trinitario*). This study was carried out through taking in consideration the effect of fermentation days (day 1, day 3, day 4, day 5), using three different methods (cascade drawers, jute bags and controlled fermentation) and in two cultivation areas (Vinces and Baba). In addition, an analysis of determination of cadmium content was carried out. A nested design, with 12 treatments and 3 repetitions, was used to test physical-chemical characteristics of the cocoa. Regarding the sensory profiles, an A*B*C design was used with 18 treatments and 3 repetitions. According to the controlled fermentation method - Vincas with *Criollo cocoa* -, it obtained better results in almond pH (5.20); testa pH (5.16) and titratable acidity (0.80). According to the days of fermentation, the best results were almond pH: 6.35; 5.01; 5.18 and 4.94 in controlled fermentation - Baba. According to testa Ph, the results were: 4.15; 4.44; 4.98; 5.57 in cascade drawers - Vincas. Consequently, titratable acidity in controlled fermentation - Baba reached optimal values: 0.88; 1.51; 1.47; 0.82. According to the sensory analysis, the *Controlled Fermentation + Criollo + Baba* treatment stood out with better results in the categories of aroma (4), acidity (1.00), level of bitter (1.67), astringency (1.00), aftertaste (3.67) and quality (8.88), highlighting the cocoa, nutty, fruity, and floral flavors. The Cadmium study showed values (< 0.01 mg / kg) that do not represent any risk to the consumer in all types of cocoa and fermentation systems mentioned above.

KEYWORDS: fermentation, methods, crops, treatment, quality.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.339>

RECIBIDO: 5/11/2020

ACEPTADO: 4/11/2020

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial Ecuador es uno de los mayores productores de cacao fino y de aroma ocupando el 63 % de la producción global (Teddi, 2015). Cerca del 90 % de la superficie cultivada está en la Costa ecuatoriana, donde se encuentra la mayor parte sembrada la variedad Nacional x Trinitario, responsables de la producción de cacao fino que se realizan hacia Europa y Estados Unidos (Amores, et al., 2009). Según la Organización Internacional del Cacao (ICCO), existen tres variedades: Tipo Criollo, el cual dominó el mercado hasta mediados del siglo XVIII, considerado como un cacao puro; Tipo Forastero, del cual el Amelonado es el más cultivado en muchos países de América Latina y el Tipo Trinitario que descende de un cruce entre Criollo x Forastero (Acebo, et al., 2016). La fermentación es uno de los procesos más importantes que provoca la muerte del embrión, generando reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones, de esta forma el sabor amargo y astringencia disminuyen; lo que permite el desarrollo de compuestos precursores del sabor a chocolate (Andrade, et al., 2019). En cuanto al contenido de cadmio, en el país se han llevado a cabo investigaciones que determinan que el mayor contenido de este metal pesado se encuentra en el mucilago que al continuar con las etapas de fermentación, este puede penetrarse en la testa y almendra del cacao, terminando finalmente en el chocolate como producto final (Lara, 2017). El desconocimiento del efecto que provocan los factores en el proceso fermentativo, como también la variabilidad de los distintos tipos de cacao nacional en las características físico-químicas y atributos sensoriales, en conjunto con las tecnologías y principios básicos de un adecuado manejo pos cosecha. Se ha convertido en uno de los problemas más significativos. Por esta razón, fomentando el desarrollo agroindustrial el objetivo de esta investigación se basa en estudiar el método de fermentación, tipo de cacao y zona de cultivo que proporcione mejores resultados en las características físico-químicas y sensoriales. Además de poder identificar en las muestras los niveles existentes de cadmio (Cd), logrando así obtener un aprovechamiento integral, sostenible y sustentable.

METODOLOGÍA LOCALIZACIÓN

Esta investigación fue realizada en el Laboratorio de Agroindustrias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en la Ave-

nida Quito Km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas y en el Laboratorio de Química de la Finca Experimental “La María”, ubicada en el km 7 ½ de la vía Quevedo-El Empalme.

DISEÑO EXPERIMENTAL I

Para la evaluación de las características físico-químicas se empleó un modelo estadístico anidados con 12 tratamientos y 3 repeticiones. El planteamiento de los factores y niveles en estudio se presentan en la (Tabla 1), utilizando software estadísticos como: Statgraphics, InfoStat y Minitab.

TABLA 1. FACTORES EN ESTUDIO DEL ENSAYO EXPERIMENTAL I

FACTORES	CÓDIGO	NIVELES
Tipos de cacao	A	a ₀ Criollo
		a ₁ Forastero
		a ₂ Trinitario
Días de fermentación	B/A	b ₀ Día 1
		b ₁ Día 3
		b ₂ Día 4
		b ₃ Día 5

DISEÑO EXPERIMENTAL II

En cuanto a los perfiles sensoriales y contenido de cadmio se utilizó ANOVA mediante arreglo factorial A*B*C con 18 tratamientos y 3 repeticiones. Para la comparación de las medias de los tratamientos se empleó la prueba de significación Tukey ($p \leq 0.05$). El planteamiento de los factores y niveles en estudio se muestran en la (Tabla 2).

TABLA 2. FACTORES EN ESTUDIO DEL ENSAYO EXPERIMENTAL II

FACTORES	CÓDIGO	NIVELES
Métodos de transformación o fermentación	A	a ₀ Cajones en cascada
		a ₁ Sacos de yute
		a ₂ Fermentación Controlada
Tipos de Cacao	B	b ₀ Criollo
		b ₁ Forastero
		b ₂ Trinitario
Zonas de cultivo	C	c ₀ Cantón Vinces
		c ₁ Cantón Baba

MANEJO EXPERIMENTAL

El peso de las muestras de cacao nacional para los ensayos de la caracterización físico-química empleada en los tres métodos de transformación (cajones en cascada, sacos de yute y fermentación controlada) fue de 5 kg. Los lotes se obtuvieron de fincas de gran influencia en los

Cantones Vinces y Baba, Provincia de Los Ríos (Ecuador).

Se tomaron al azar mazorcas en estado de madurez organoléptico y libre de enfermedades. La materia prima se procedió a pesar y lavar para eliminar materias extrañas, las mazorcas se cortaron en mitades longitudinales, colocando las almendras de cacao en los diferentes métodos para su posterior fermentación. Proceso que se realizó por triplicado.

Caracterización físico-químicas Los análisis físico-químicos se realizaron por triplicado, utilizando métodos normalizados (AOAC, 2005).

Determinación de pH (Almendra y testa) Se determinaron por lectura directa del potenciómetro, a 25 °C, según el método 9070.21.

Determinación de acidez titulable Se determinó como ácido málico, según el método 942.15.

Contenido de Cadmio La determinación de cadmio se realizó mediante el método AOAC 999.11 Absorción Atómica.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES

Se realizó una valoración sensorial con catadores entrenados del Laboratorio De Análisis Y Aseguramiento De Calidad (MultianalíticaCía.Ltda). Determinando las categorías: aroma, acidez, amargor, astringencia, sabor, pos gusto, defectos y calidad, empleando una escala establecida con base a la guía de la ficha de catación para análisis sensorial de cacao, donde según la escala de intensidad 0 = ausente; sin presencia de este atributo 1 = apenas detectable, débil en su presencia; 2 = presente; 3 = caracteriza la muestra, una característica resaltante; 4 = dominante y 5 = extremo, la presentación de este atributo es más intensa posible para cacao en la memoria sensorial del catador. Seguido de la escala de calidad en la cual 0 - 2 = pésimo; 2 - 4 = malo; 4 - 6 regular; 6 - 8 = bueno y 8 - 10 = excelente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Las características físico-químicas evaluadas y la variabilidad de los tres tipos de cacao nacional (criollo, forastero y trinitario) se presentan en las (Tablas 3 y 4), considerando los diferentes métodos de transformación y zona de cultivo.

Como se observa en la (Tabla 3), los registros permitieron identificar variabilidad en los datos obtenidos entre los tres tipos de cacao del método fermentación controlada y zona de cultivo Cantón Vinces. De esta forma para pH almendra los valores fluctuaron entre 5.19 - 5.26

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y VARIABILIDAD DE TRES TIPOS DE *THEOBROMA CACAO*. CONSIDERANDO EL MÉTODO DE TRANSFORMACIÓN (FERMENTACIÓN CONTROLADA) Y ZONA DE CULTIVO (CANTÓN VINCES).

	PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICO		
	PH ALMENDRA	PH TESTA	ACIDEZ TITULABLE (%)
Criollo	5.20	5.16	0.80
Forastero	5.19	4.78	1.22
Trinitario	5.26	5.85	0.97
Variabilidad (%)	6.37	35.43	1.41

TABLA 4. COMPONENTES FÍSICO-QUÍMICOS Y VARIABILIDAD DE TRES TIPOS DE *THEOBROMA CACAO*. CONSIDERANDO EL MÉTODO (FERMENTACIÓN CONTROLADA) Y ZONA DE CULTIVO (CANTÓN BABA).

TIPO DE CACAO	PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICO
	pH TESTA
Criollo	4.92
Forastero	4.55
Trinitario	5.08
Variabilidad (%)	39.40

demonstrando una mínima variación con el 6.37 %, según (Rivera, 2018) el cacao con un pH entre 5.20 - 5.25 se considera correctamente fermentado. En cuanto a pH testa existió un rango de 5.16 - 5.85 con una variabilidad moderadamente alta del 35.43 %; (Steinau, 2017) proporciona un rango de 5.1 - 5.5 afirmando que los valores de pH entre la almendra y la testa son similares al finalizar la fermentación. Para la acidez titulable se presentó un porcentaje muy inferior de variación del 1.41 % con niveles de 0.80 - 1.22 % coincidiendo con (Acebo, et al., 2016) quienes mencionan un valor de 0.82 para el cacao Nacional de Ecuador. De acuerdo a la (Tabla 4), los resultados permitieron identificar variabilidad moderadamente alta con el 39.40 % en lo que concierne a los datos obtenidos del método fermentación controlada y zona de cultivo Cantón Baba, determinando para pH testa niveles de 4.55 - 5.08, valores cercanos a lo reportado por (Steinau, 2017). Con respecto a los registros de los tres tipos de cacao en las (Tabla 3 y 4), se identificó que el tipo Criollo (a_0) obtuvo excelentes resultados para los parámetros evaluados (pH almendra = 5.20; pH testa = 5.16; Acidez titulable = 0.80) dentro de la investigación.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Las características físico-químicas evaluadas y la variabilidad de los días de fermentación (día 1, día 3, día 4, día 5) se presentan en las (Tablas 5 y 6), considerando los diferentes métodos de transformación y zona de cultivo.

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y VARIABILIDAD DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO DEL THEOBROMA CACAO. CONSIDERANDO LOS DIFERENTES MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN Y ZONA DE CULTIVO (CANTÓN VINCES)

DÍAS DEL PROCESO FERMENTATIVO	CAJONES EN CASCADA			SACOS DE YUTE			FERMENTACIÓN CONTROLADA		
	pH ALMENDRA	pH TESTA	% ACIDEZ TITULABLE	pH ALMENDRA	pH TESTA	% ACIDEZ TITULABLE	pH ALMENDRA	pH TESTA	% ACIDEZ TITULABLE
Día 1	6.41	4.15	0.61	6.36	4.01	0.56	6.28	5.20	0.49
Día 3	4.47	4.44	1.00	4.49	4.30	2.08	5.37	4.95	0.99
Día 4	4.69	4.98	1.22	4.54	4.71	1.25	4.49	5.33	1.44
Día 5	5.39	5.57	1.25	4.69	4.80	1.22	5.08	5.22	1.06
Variabilidad (%)	99.88			99.89			93.56		

TABLA 6. COMPONENTES FÍSICO-QUÍMICOS Y VARIABILIDAD DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO DEL THEOBROMA CACAO. CONSIDERANDO LOS DIFERENTES MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN Y ZONA DE CULTIVO (CANTÓN BABA)

DÍAS DEL PROCESO FERMENTATIVO	CAJONES EN CASCADA			SACOS DE YUTE			FERMENTACIÓN CONTROLADA		
	pH ALMENDRA	pH TESTA	% ACIDEZ TITULABLE	pH ALMENDRA	pH TESTA	% ACIDEZ TITULABLE	pH ALMENDRA	pH TESTA	% ACIDEZ TITULABLE
Día 1	5.17	4.06	0.59	4.83	3.85	0.80	6.35	4.67	0.88
Día 3	4.49	4.31	1.66	4.51	4.27	1.21	5.01	4.76	1.51
Día 4	4.70	4.71	1.32	4.83	5.19	0.92	5.18	5.09	1.47
Día 5	5.93	6.48	0.75	4.76	5.83	0.81	4.94	5.01	0.82
Variabilidad (%)	88.06			99.90			99.96		

El análisis estadístico en las (Tabla 5 y 6), se demostró que la variabilidad entre los resultados de los días de fermentación fue muy alta con porcentajes de 93.56 a 99.89 % en el Cantón Vices. Mientras que el Cantón Baba se evidenció con 88.06 a 99.96 %, considerando los datos obtenidos a partir de los métodos de transformación aplicados. Con respecto al parámetro evaluado *pH almendra*, se determinó que los datos obtenidos de Fermentación controlada del Cantón Baba son los mejores al situarse más cercanos con Día 1 ($b_0 = 6.35$); Día 3 ($b_1 = 5.01$); Día 4 ($b_2 = 5.18$); Día 5 ($b_3 = 4.94$) a investigaciones realizadas. Donde (Peláez, et al., 2016) notifican para el Día 1 un promedio de 6.33 al inicio de la fase fermentativa. En cuanto al Día 3 (Horta, et al., 2019) determinaron que el pH desciende entre un rango de 4.86 - 5.07. Continuando al Día 4, (Peláez, et al., 2016) mencionan valores de 5.0 - 5.20. Al finalizar el proceso fermentativo Día 5 (Armijos, 2002) establece un rango de 4.90 - 5.05, acotando que al continuar el proceso de secado el pH aumenta progresivamente. En cuanto al parámetro *pH testa*, se obtuvo excelentes

resultados del método de transformación Cajones en cascada del Cantón Vices con Día 1 ($b_0 = 4.15$); Día 3 ($b_1 = 4.44$); Día 4 ($b_2 = 4.98$); Día 5 ($b_3 = 5.57$). Valores que no difieren mucho a lo estipulado por (Sanchez, 2007) quien menciona para Día 1 un rango 4.1- 4.5. En cuanto al Día 3 (Steinau, 2017) notifica un valor ideal de 4.5. Posterior al Día 4, el pH sube mínimamente hasta alcanzar valores próximos de 4.85 - 5.0. Continuando (Peláez, et al., 2016) para Día 5 reporta niveles óptimos entre 5.35 - 5.80. Con respecto a la variable evaluada *acidez titulable* al tener resultados óptimos los datos de Fermentación controlada del Cantón Baba se situaron mejores con Día 1 ($b_0 = 0.88$ %); Día 3 ($b_1 = 1.51$ %); Día 4 ($b_2 = 1.47$ %); Día 5 ($b_3 = 0.82$ %). Donde se ratifica según (Horta, et al., 2019) para el Día 1 valor inicial 0.84 % que puede subir progresivamente hasta el Día 3 con valores de 1.35 - 1.54 %. En cuanto al Día 4 (Steinau, 2017) reporta un rango de 1.50 - 2.25 %. Por último, Día 5 (Vallejo, et al., 2016) confirma que la acidez titulable baja gradualmente, identificando niveles entre 0.82 - 1.01 %, resultados que pueden variar en función de los sólidos solubles totales iniciales, perfil de microbiota, entre varios factores.

La respuesta de los catadores se observa en la (Tabla 7), se detectó según la escala de intensidad el tratamiento (T_{14} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Baba) para el perfil *aroma* obtuvo una valoración mayor (4), denotando perfil frutal/leve café tostado, con base a lo expuesto por (Rivera, et al., 2012) quien presentó una escala de 4.20 a 4.50 para esta variable sensorial. De esta forma se hace énfasis que las temperaturas durante el proceso fermentativo y tostado deben manejarse adecuadamente para no eliminar atributos aromáticos. Como resultado de la evaluación de la categoría *acidez* con una intensidad de 1,00 el tratamiento (T_{14} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Baba) presentó el valor más sobresaliente al obtener una acidez moderada siendo apenas detectable con notas cítrico a limón/naranja para esta categoría, coincidiendo con lo indicado por (Jimenez, et al., 2014), que el cacao fermentado y los productos derivados del cacao deben poseer una acidez baja, además se hace referencia que el sabor ácido se debe a ciertos ácidos que se forman durante la fermentación, siendo estos el acético que es volátil y el láctico que no es volátil, entre otros.

TABLA 7. PROMEDIOS REGISTRADOS EN LAS VARIABLES DE LOS PERFILES SENSORIALES: AROMA, ACIDEZ, AMARGOR, ASTRINGENCIA Y POS GUSTO

TRATAMIENTO	AROMA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	POS GUSTO	CALIDAD
T1	3.17 ^{BCDE}	1.45 ^{CD}	1.33 ^A	2.00 ^{DEF}	2.00 ^{AB}	8.28 ^{EF}
T2	2.83 ^{BCD}	2.83 ^{FG}	2.50 ^{CDE}	1.83 ^{CDE}	3.17 ^{DE}	8.58 ^G
T3	1.83 ^A	0.67 ^A	2.83 ^{DEF}	2.17 ^{EF}	3.00 ^{DE}	7.57 ^C
T4	2.50 ^{AB}	3.00 ^G	3.00 ^{EFG}	1.83 ^{CDE}	3.17 ^{DE}	7.25 ^B
T5	2.67 ^{BC}	2.17 ^{DEF}	2.33 ^{BCD}	1.83 ^{CDE}	1.83 ^A	8.20 ^{DE}
T6	3.33 ^{CDEF}	1.67 ^{BCD}	2.00 ^{ABC}	2.33 ^{EF}	3.00 ^{DE}	8.15 ^{DE}
T7	3.17 ^{BCDE}	1.33 ^{ABC}	3.33 ^{FG}	1.67 ^{BCDE}	2.17 ^{ABC}	7.70 ^C
T8	3.50 ^{DEF}	2.17 ^{DEF}	2.17 ^{BCD}	2.00 ^{DEF}	3.17 ^{DE}	8.12 ^{DE}
T9	3.00 ^{BCDE}	2.50 ^{EFG}	3.67 ^G	3.17 ^G	2.17 ^{ABC}	7.55 ^C
T10	3.17 ^{BCDE}	3.17 ^G	1.83 ^{ABC}	1.33 ^{ABCD}	2.17 ^{ABC}	8.18 ^{DE}
T11	3.17 ^{BCDE}	3.00 ^G	3.33 ^{FG}	2.67 ^{FG}	3.17 ^{DE}	7.65 ^C
T12	3.17 ^{BCDE}	3.00 ^G	2.00 ^{ABC}	2.67 ^{FG}	3.17 ^{DE}	6.88 ^A
T13	3.67 ^{EF}	1.83 ^{CDE}	2.17 ^{BCD}	0.67 ^A	3.00 ^{DE}	8.42 ^{FG}
T14	4.00 ^F	1.00 ^{AB}	1.67 ^{AB}	1.00 ^{AB}	3.67 ^E	8.88 ^H
T15	3.17 ^{BCDE}	2.83 ^{FG}	2.00 ^{ABC}	1.17 ^{ABC}	2.67 ^{BCD}	8.22 ^{DE}
T16	3.67 ^{EF}	2.50 ^{EFG}	1.45 ^{ABC}	1.83 ^{CDE}	2.00 ^{AB}	8.23 ^E
T17	3.50 ^{DEF}	2.50 ^{EFG}	2.26 ^{ABC}	2.33 ^{EF}	2.50 ^{ABCD}	8.05 ^D
T18	3.00 ^{BCDE}	2.17 ^{DEF}	2.17 ^{BCD}	1.00 ^{AB}	2.83 ^{CD}	8.55 ^G

Mientras en los tratamientos (T_1 = Cajones en cascada + Criollo + Baba y T_{14} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Baba) con valores de 1.33 y 1.67 presentó una intensidad de amargor con notas leve amargo/ apenas detectable. Por lo cual en esta investigación recalca que los altos niveles de amargor están asociados a ciertas variedades de cacao o una fermentación insuficiente. Referente al perfil sensorial astringencia situó a los tratamientos (T_{13} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Vines y T_{14} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Baba) al tener una sensación equilibrada a té negro (no dominante) como los mejores con una baja intensidad de 0.67 y 1.00. La presencia de altos niveles de astringencia según (Jimenez.

et al., 2014), se deben a la presencia de granos violeta, pizarrosos o poca fermentación. Al evaluar la categoría *pos gusto* se observó que la mayor intensidad se presentó en el tratamiento (T_{14}) con un valor de 3,67 presentando notas cítrico/cremoso con progresión gradual del sabor en la boca, teniendo relación con lo publicado por (Chaquila, 2020), quien en su estudio determinó una valoración de 2 para esta variable y a la vez se denotó que un buen pos gusto está relacionado con sabores a cacao, dulce, nuez, frutal, floral y especias; mientras que un bajo pos gusto guarda relación con el amargor y astringente. Respecto a la puntuación obtenido en la *calidad*, se demostró según la escala de calidad en el tratamiento (T_{14} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Baba) presentó el mayor puntaje 8.88 situándose como excelente. Además, se menciona que la calidad del cacao está estrechamente relacionada con los tipos genéticos, condiciones medio ambientales del cultivo, fermentación, secado y almacenamiento. Siendo la fermentación el proceso clave que da origen al sabor y aroma del chocolate. A la vez se hace énfasis que el tipo de cacao criollo se caracteriza por presentar frutos con las mejores cualidades.

SUBCATEGORÍAS DEL SABOR PRESENTES EN LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Al analizar el perfil sensorial del sabor se pudo observar que en el tratamiento (T_{14} = Fermentación controlada + Criollo + Cantón Baba) predominaron las subcategorías cacao, nuez, frutas frescas y floral con valores de 4; 3.83; 3.83; 4 respectivamente. Con respecto a los sabores dulces y frutas secas, las mayores intensidades con valores de 3.17 y 2.83 se situó en los tratamientos (T_6 = Cajones en cascada + Trinitario + Cantón Baba y T_{15} = Fermentación controlada + Forastero + Cantón Vines). Los valores antes mencionados guardan relación con lo determinado por (Jimenez. et al., 2014), quienes

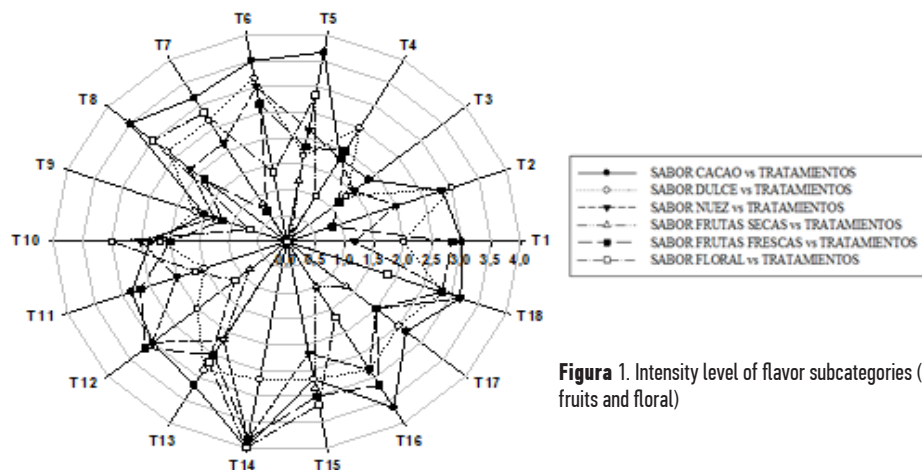


Figura 1. Intensity level of flavor subcategories (cocoa, sweet, walnut, dried fruits and floral)

reportan en la Provincia Los Ríos, para los sabores cacao, nuez, frutal, floral y dulce, valores de: 3.4; 0.7; 1.8; 1.6; 3.6 y a la vez se asevera que el sabor a cacao y nuez se produce debido a la variabilidad del cacao, el sabor frutal está relacionado con el sabor dulce y nuez, mientras que el floral está ligado a la higroscopia de las almendras, medio ambiente y manejo pos cosecha (Ver Fig 1.).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO (CD)

Mediante absorción atómica se determinó el contenido de cadmio de las almendras de *Theobroma cacao*, como se muestra en la figura 2.

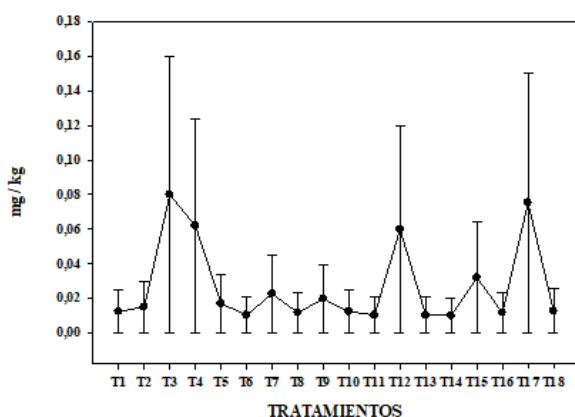


Figura 2. Valores promedio de la concentración de Cd en almendras de cacao nacional, provenientes de diferentes métodos de transformación, tipos de cacao y zonas de cultivo

En lo que corresponde a la concentración de Cd, los tratamientos (T₁, T₆, T₈, T₁₀, T₁₁, T₁₃, T₁₄, T₁₆, T₁₈) situaron un mínimo valor con 0,01 mg/kg. Mientras que los tratamientos (T₃ y T₁₇) presentaron el valor máximo valor siendo 0,08 mg/kg. Sin embargo, los valores antes mencionados no superan el límite permisible impuesto por la “Unión Europea en su reglamento No 488/2014 UE (2024)” la cual establece una concentración máxima de 0,8 mg/kg para el producto cuyo contenido de materia seca de cacao es del ≥ 50 % de su peso. Cabe recalcar que las muestras evaluadas en esta investigación fueron 100 % cacao puro. Por consiguiente, se señala que las concentraciones de Cd no se ven alteradas en el manejo de las almendras durante el proceso de beneficiado, más bien se ven atribuidas por factores como: suelo, agua y tipo de fertilizante (Ver Fig 2.).

CONCLUSIONES

En la variabilidad, los tres tipos de cacao no marcan gran efecto sobre los parámetros evaluados. Por lo contrario, los días de fermentación inciden durante el proceso fermentativo con porcentajes

por encima del 88.06 %, lo que significa que ejercen con mayor influencia sobre las características físico-químicas. El tipo de cacao Criollo obtuvo los mejores resultados en los parámetros evaluados: pH almendra = 5.20; pH testa = 5.16 y Acidez titulable = 0.80 %. Para los días de fermentación, en su respectivo orden: Día 1(b₀); Día 3 (b₁); Día 4 (b₂) y Día 5 (b₃). Método Fermentación controlada del Cantón Baba situó los mejores valores para pH almendra con: 6.35; 5.01; 5.18; 4.94. Para pH testa, Cajones en cascada del Cantón Vines: 4.15; 4.44; 4.98; 5.57. En cuanto acidez titulable, Fermentación controlada del Cantón Baba con: 0.88 %; 1.51 %; 1.47 %; 0.82 %.

El mejor tratamiento seleccionado por los catadores fue el T₁₄ (Fermentación Controlada + Criollo + Cantón Baba), al presentar según la escala de intensidad y calidad un aroma dominante con un perfil frutal/leve café tostado, acidez apenas detectable con notas cítrico a limón/naranja, siendo leve amargor/ apenas detectable en la muestra, presentando una astringencia no dominante al tener una sensación equilibrada a té negro, otorgándole un pos gusto con cítrico/cremoso con progresión gradual del sabor en la boca, preponderando las subcategorías de sabor a cacao, nuez, frutas frescas y floral, obteniendo una excelente calidad para el producto final.

El promedio de los resultados de los análisis de la determinación del contenido de Cd en las almendras de cacao nacional es de 0.01 mg/kg y 0.08 mg/kg, lo cual indica que se encuentran dentro de lo establecido por la norma de regulación europea, demostrando que los valores no suponen ningún tipo de riesgo al consumidor en todos los tipos de cacao estudiados y métodos de fermentación o transformación aplicados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebo, M., Rodríguez, J. & Quijano, J., 2016. Industria de Cacao, Guayaquil: s.n.
- Amores, F., Palacios, A. & Zhang, D., 2009. Entorno Ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor Oriente de la Provincia de Esmeraldas, Quevedo: s.n.
- Andrade, J., Chire, G. & Rivera, J., 2019. Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. SCIELO, 10(4).
- AOAC, 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC: Method 935.14 and 992.24..
- Armijos, A., 2002. Características de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de

- producción Nacional durante la fermentación. Quito: Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Químicas.
- Chaquila, E., 2020. 2.2.17. Optimización del proceso de fermentación de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) bajo sistemas ecoeficientes.. Jaén-Perú: Universidad Nacional de Jaén.
- Horta, H., Sandoval, A., María, G. & Cerón, I., 2019. Evaluación de la fermentación y calidad final de cinco clones de cacao proveniente del departamento del Huila, Colombia.. *Revista de Ingeniería DYNA*, 86(210), p. 7.
- Jimenez, J., Fredy, A. & Solórzano, E., 2014. Componentes de identidad para reconocer las diferencias del cacao que se produce en varias regiones del Ecuador. Quevedo: Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP).
- Lara, V., 2017. Evaluación del contenido de cadmio en dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) considerando distintos métodos de secado en la localidad de Luz de América, Santo Domingo : s.n.
- Peláez, P., Guerra, S. & Contreras, D., 2016. Cambios en la características físicas y químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao*) fermentados con transferencia manual y semi-mecanizada, entre las cajas de fermentación. *Scientia Agropecuaria*, p. 9.
- Rivera, J., 2018. Correlación de la porosidad con el grado de fermentación del grano de cacao peruano (*Theobroma cacao* L.), Lima: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica CONCYTEC.
- Rivera, R. y otros, 2012. Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*theobroma cacao* l.) tipo nacional. Quevedo: Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Sanchez, V., 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.) para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial., Quevedo: s.n.
- Steinau, I., 2017. Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sosanate, El Salvador, El Salvador : s.n.
- Teddi, T., 2015. Importancia de la fermentacion para la obtención de granos de cacao de calidad. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), p. 25.
- Vallejo, C. y otros, 2016. Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario en la obtención de jalea. *ESPAMCIENCIA*, p. 8.